COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JOÃO DALLAMUTA
HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
(ORGANIZADORES)

Atena Editora
Ano 2021

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JOÃO DALLAMUTA
HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
(ORGANIZADORES)

Atena Editora
Ano 2021

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Assistentes editoriais
Natalia Oliveira
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Natália Sandrini de Azevedo
Camila Alves de Cremo
Luiza Alves Batista
Maria Alice Pinheiro
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista
Revisão
Os autores

2021 *by Atena Editora*
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2021 Os autores
Copyright da Edição © 2021 Atena Editora
Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.
Open access publication by Atena Editora

Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial
Ciências Humanas e Sociais Aplicadas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Atena Editora
Ano 2021

Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr.Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Atena Editora
Ano 2021

Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde
Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias
Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
ProFª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Atena Editora
Ano 2021

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes
Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª DrªFernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Atena Editora
Ano 2021

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Coleção desafios das engenharias: engenharia de produção

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Revisão: Os autores
Organizadores: João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia de produção / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-229-3
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.293212207

1. Engenharia de produção. I. Dallamuta, João (Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III. Título.

CDD 670

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2021

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce,* ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

Atena
Editora
Ano 2021

APRESENTAÇÃO

Neste livro uma abordagem multidisciplinar de engenharia, com foco em aplicações de engenharia de produção e gestão estratégica.

O objetivo comum a quase todas as organizações é a melhoria da eficiência, aumento da eficácia na fabricação, o controle de qualidade e reduzir custos, ao mesmo tempo que torna seus produtos mais atraentes ao mercado.

Neste livro são apresentados trabalhos científicos relacionados a análise e melhoria de condições de produção e melhoria da competitividade.

Aos pesquisadores, editores e aos leitores para quem em última análise todo o trabalho é realizado, agradecemos imensamente pela oportunidade de organizar tal obra.

Boa leitura!

João Dallamuta

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 ..... **1**

ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE À INDÚSTRIA 4.0 E MATRIZ CURRICULAR DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNICESUMAR, CAMPUS PONTA GROSSA

Fernanda Aparecida de Morais
Adryan Oivlis Becher
Moisés Barbosa Júnior
Janaina Semanech Borcezi

https://doi.org/10.22533/at.ed.2932122071

CAPÍTULO 2 ..... **13**

O IMPACTO DA INTERNET DAS COISAS NA INDÚSTRIA 4.0

João Victor Millano Batista
Thiago Pignatti de Freitas

https://doi.org/10.22533/at.ed.2932122072

CAPÍTULO 3 ..... **27**

ANÁLISE ERGONÔMICA DE UM POSTO DE TRABALHO EM UMA INDÚSTRIA DE PEQUENO PORTE DO RAMO ALIMENTÍCIO

Pedro Picolo Malandrino
Tiago Bernardino Vargas
Bruno Samways dos Santos

https://doi.org/10.22533/at.ed.2932122073

CAPÍTULO 4 ..... **36**

MATRIZ SWOT: DIAGNOSTICO DE VINÍCOLA COM CENÁRIO DA SECA NO SERTÃO DE PERNAMBUCO

Fernando de Sousa Medeiros
André William David de Sena
Francyelly Julyanny Barbosa da Silva

https://doi.org/10.22533/at.ed.2932122074

CAPÍTULO 5 ..... **47**

ANÁLISE ENTRE MÉTODOS DE BENCHMARKING APLICADOS A PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

Viviane Vaz Monteiro
Anselmo Claudino de Sousa
Lorran Kennedy Rabelo Silva Romano
Caio Ramos Barbosa
Solange da Silva
Felipe Corrêa Veloso dos Santos

https://doi.org/10.22533/at.ed.2932122075

CAPÍTULO 6 ..... **60**

ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS E DO POTENCIAL DE CRESCIMENTO DOS BANCOS DIGITAIS POR MEIO DE FERRAMENTAS DO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

Luis Henrique de Oliveira Ribeiro
Marina Fernandes Sodré
Carlos Roberto Falcão de Albuquerque Junior

https://doi.org/10.22533/at.ed.2932122076

CAPÍTULO 7 ..... **72**

ANÁLISE DA GESTÃO PARA SOLUÇÕES DE SISTEMAS DE RESERVATÓRIOS DE ÁGUA

Viviane Vaz Monteiro
Rogério Martins Ferreira
Anselmo Claudino de Sousa
Solange da Silva
Felipe Corrêa Veloso dos Santos

https://doi.org/10.22533/at.ed.2932122077

CAPÍTULO 8 ..... **84**

RELAÇÃO DOS PROGRAMAS DE ASSISTÊNCIA SOCIAL DO BRASIL COM AS VARIÁVEIS MACROECONÔMICAS PELA ANÁLISE FATORIAL

Viviane de Senna
Adriano Mendonça Souza

https://doi.org/10.22533/at.ed.2932122078

CAPÍTULO 9 ..... **104**

REDES NEURAIS ARTIFICIAIS NA SOLUÇÃO SIMULTÂNEA DA CALIBRAÇÃO DE CÂMERA E DA CINEMÁTICA INVERSA APLICADAS EM UM BRAÇO MANIPULADOR ROBÓTICO DIDÁTICO

Márcio Mendonça
Marina Sandrini
Marina Souza Gazotto
Beatriz Sandrini
Marta Rubia Pereira dos Santos
Rodrigo Henrique Cunha Palácios
Ivan Rossato Chrun

https://doi.org/10.22533/at.ed.2932122079

CAPÍTULO 10 ..... **122**

PREVISÃO DE DEMANDA DE CARROS NO BRASIL: COMPARAÇÃO ENTRE OS MODELOS CONVENCIONAIS E A REDE NEURAL RECORRENTE BIDIRECIONAL LSTM

Everton Vaz de Campos

https://doi.org/10.22533/at.ed.29321220710

CAPÍTULO 11 ..... **139**

GERENCIAMENTO COLABORATIVO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Bruna Christina Battissacco
Walther Azzolini Júnior

https://doi.org/10.22533/at.ed.29321220711

CAPÍTULO 12 ..... **152**

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO LUCRATIVA ANÁLISE CRÍTICA DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

Márcia Regina Marques Amado da Silva

https://doi.org/10.22533/at.ed.29321220712

CAPÍTULO 13 ..... **169**

ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO MÉTODO MASP NAS TRATATIVAS DE NÃO CONFORMIDADES EM UMA TRANSPORTADORA: UM ESTUDO DE CASO

Katieli Schneider
Berenice de Oliveira Bona
Anderson Luiz Dornelles

https://doi.org/10.22533/at.ed.29321220713

CAPÍTULO 14 ..... **183**

AVALIAÇÃO E DIAGNÓSTICO PARA INDENTIFICAR FALHAS NOS PROCESSOS PRODUTIVOS QUE GERA PERDAS E CUSTOS NA PRODUÇÃO

Espedito Alves Bezerra
Tamires Sousa Araujo

https://doi.org/10.22533/at.ed.29321220714

CAPÍTULO 15 ..... **192**

TECNOLOGÍA DE JAULAS MARINAS PARA CULTIVO DE PECES EN EL LITORAL DE ILO, PERÚ – 2020

Walter Merma Cruz
Alfredo Maquera Maquera
Dionicio Clímaco Hualpa Bellido
Patricia Matilde Huallpa Quispe
Nelly Azucena Sotelo Medina
Lucy Goretti Huallpa Quispe
Brígida Dionicia Huallpa Quispe
Edward Paul Sueros Ticona

https://doi.org/10.22533/at.ed.29321220715

SOBRE OS ORGANIZADORES **204**

ÍNDICE REMISSIVO **205**

CAPÍTULO 1

ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE À INDÚSTRIA 4.0 E MATRIZ CURRICULAR DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNICESUMAR, CAMPUS PONTA GROSSA

Data de aceite: 01/07/2021
Data da submissão: 06/05/2021

Fernanda Aparecida de Morais
UNICESUMAR
Ponta Grossa – PR
http://lattes.cnpq.br/2140163652207881

Adryan Oivlis Becher
UNICESUMAR
Ponta Grossa – PR
http://lattes.cnpq.br/1117691894547168

Moisés Barbosa Júnior
UNICESUMAR
Ponta Grossa – PR
http://lattes.cnpq.br/5794435001617518

Janaina Semanech Borcezi
UNICESUMAR
Ponta Grossa – PR
http://lattes.cnpq.br/0277230077799310

RESUMO: Com a nova era da Quarta Revolução Industrial que está em curso no mundo, as empresas buscam cada vez mais por capital humano que possuam conhecimentos relacionados à Indústria 4.0 devido à fusão de diversas tecnologias que exigem uma postura diferente das empresas, visto que essa tecnologia afeta tanto a qualidade dos produtos como também a dos serviços prestados. Desta forma, as pessoas recém-formadas precisam estar atentas as necessidades geradas através da indústria 4.0 e, além disso, é necessário que as faculdades adequem suas metodologias de ensino e usem estratégias para que a matriz curricular se aproxime das habilidades e competências voltadas para essa realidade, buscando qualificação dos futuros profissionais para que estejam aptos a atuar com eficiência nessa nova caminhada da humanidade. Neste contexto, a presente pesquisa tem como objetivo principal analisar as principais competências que são requeridas pela Indústria 4.0 por meio de pesquisas na literatura, elencando os requisitos demandados aos profissionais do futuro. A primeira etapa para findar o objetivo específico consistiu em elencar, a partir da revisão de literatura, quais são os requisitos solicitados dos profissionais na indústria 4.0. Posteriormente, foi realizada uma comparação entre os requisitos e o que está sendo abordado em sala de aula, por meio da análise da matriz curricular. Por fim, foi proposto um modelo (questionário) para avaliar a percepção entre o que está sendo ensinado e o que os acadêmicos percebem sobre os requisitos da Indústria 4.0. Desta forma, os resultados obtidos nessa pesquisa permitem um melhor direcionamento da didática que desenvolva habilidades durante a graduação para que os alunos possam estar qualificados ao mercado de trabalho em meio a Indústria 4.0, visando desenvolver habilidades e competências que são demandadas no cenário nacional e tornam os futuros profissionais competitivos à luz da empregabilidade e ainda proporcionar às empresas um capital humano mais bem preparado para as necessidades atuais devido a constante evolução das tecnologias, que assim agregarão seus conhecimentos para melhor

auxiliar no desenvolvimento, crescimento e competitividade das empresas que atuarão.
PALAVRAS - CHAVE: Engenharia; Quarta Revolução Industrial; Matriz curricular; Competências

ABSTRACT: With the new era of the Fourth Industrial Revolution that is ongoing in the world, companies are increasingly looking for human capital that has knowledge related to Industry 4.0 due to the fusion of various technologies that require a different attitude from companies, since this technology affects both the quality of the products and the services provided. In this way, newly graduated people need to be attentive to the needs generated through Industry 4.0 and, in addition, it is also necessary for colleges to adapt their teaching methodologies and use strategies so that the curriculum matrix approaches the skills and competences aimed at this new reality, seeking qualification of future professionals so that they are able to act efficiently in this new journey of humanity. In this context, the present research has as main objective to analyze the main competencies that are required by Industry 4.0 through searches in the literature, listing the requirements demanded of the professionals of the future. The first step to complete the specific objective is to list, from the literature review, what are the requirements requested from professionals in Industry 4.0. Subsequently, a comparison will be made between the requirements and what is being addressed in the classroom, through the analysis of the curriculum matrix. With this comparison, a questionnaire will be developed to assess students' perception of the content covered in the classroom and what is needed in Industry 4.0. This questionnaire will be applied to students in the Production Engineering course at Unicesumar, on the Ponta Grossa campus. In this way, the results obtained in this research will allow a better targeting of didactics that develop skills during graduation so that students can be better qualified to the job market in the middle of Industry 4.0, aiming to develop skills and competences that are demanded in the national and international scenario. make future professionals competitive in the light of employability and also provide companies with human capital better prepared for current needs due to the constant evolution of technologies, which will thus aggregate their knowledge to better assist in the development, growth and competitiveness of the companies that will operate.
KEYWORDS: Engineering; Fourth Industrial Revolution; Curriculum; Skills.

1 I INTRODUÇÃO

A indústria 4.0 ganha atenção recentemente entre indústrias, academia e grandes corporações (PINZONE et al, 2017) e exige que novos conceitos sejam adotados, fazendo com que a educação seja adaptada à realidade em que está inserida (MOURTZIZ, 2018).

O processo de transição entre o tradicional e as novas práticas emanadas pela indústria 4.0 apresenta barreiras (PARAVIZO et al, 2018) Uma dessas barreiras concerne ao institucional, em relação ao incentivo dado pelos órgãos públicos para que a indústria 4.0 seja efetivamente implementada (SAVELYEVA et al, 2019).

Como as instituições de ensino superior (IES) são ao maiores responsável pela produção de conteúdo, Savelyeva et al (2019) frisam que uma das soluções para que as barreiras à adoção da indústria 4.0 seja evitada está na união entre o setor público e

privado, fortalecendo a troca de conhecimento entre eles.

Hong Yuh (2019, p. 129) a Quarta Revolução Industrial, tem como finalidade criar uma nova era para a indústria mundial, através da interação da comunicação e da informação (*big data*). Quarta Revolução Industrial também conhecida como Indústria 4.0, é o cenário atual que mundo está vivenciando, e que está proporcionando um impacto muito grande devido a fusão do mundo físico com o digital, ou seja, conta com a automatização em vários segmentos com o uso da Big Data, com softwares capazes de analisar momentaneamente vários dados e auxiliar na tomada de decisão, o Armazenamento em Nuvem, a Inteligência Artificial, Internet das Coisas, Manufatura Aditiva, Biologia Sintética e Sistemas Ciber-Físicos. Porém, não está apenas relacionada a máquinas inteligentes e sistemas de forma conectada, sua característica é a fusão de todas as áreas (Schawab 2016, p. 16).

Desta forma, aumentando a competitividade, a partir disso para que as empresas possam manter-se competitivas no mercado, precisam estar buscando o aprimoramento e implantação dessas novas tecnologias, e ainda irão necessitar de profissionais que tenham conhecimento especifico para trabalhar com essas novas tecnologias, pois segundo Schawab (2016, p. 42) haverá mudanças drásticas em relação aos trabalhos de vários setores e ocupações, devido a nova tecnologia.

Por isso, esse trabalho tem como objetivo analisar a matriz curricular do curso de Engenharia de Produção do Campus de Ponta Grossa, e através de pesquisas na literatura, identificar quais são as competências requeridas pela indústria 4.0 e se os acadêmicos estão sendo capacitados para esse novo mundo da tecnologia.

2 I LEVANTAMENTO DE COMPETÊNCIAS NA LITERATURA

O aspecto marcante em relação às revoluções industriais está relacionado à produtividade, com o volume de produção e redução de custos. E, em especial a quarta revolução, em reduzir trabalhos repetitivos com a inclusão de máquinas nos postos de trabalho.

Atualmente estamos em processo de mudança para essa nova era digital conhecida como Indústria 4.0 onde é integrado toda a automação da empresa via internet, controle de informação e as inovações tecnológicas existentes, para que seja possível obter um resultado mais rápido, seguro e confiável.

Segundo NUNES (2018), para que seja possível a implantação da tecnologia 4.0, algumas habilidades e competências dos profissionais que irão atuar na produção da Indústria 4.0 são imprescindíveis. A seguir seguem as competências listadas pelo autor.

2.1 Flexibilidade

Capaz de se adaptar às mudanças que ocorrem com a implantação da Indústria 4.0 assim como as novas funções criadas a partir disso.

2.2 Formação Multidisciplinar

O profissional da Indústria 4.0 deve ter a habilidade de lidar com tecnologia, matemática, lógica, empreendedorismo, automação, etc, para poder atender todo tipo de inovação.

2.3 Relacionamento Interpessoal

Além de saber se comunicar com as máquinas, ter um bom diálogo com as equipes existentes é algo satisfatório para a Indústria 4.0 quando é preciso equilibrar as relações e as etapas de cada processo.

2.4 Percepção de Urgência

Com o avanço tecnológico, o profissional deve analisar dados em tempo real e tomar as decisões em tempo hábil e ainda, discernir quais ações deverão ocorrer primeiro.

2.5 Visão Técnica E Sistêmica

Ter uma visão sistêmica de todo o processo envolvido na indústria, estar preparado para operar máquinas e equipamentos com processos um pouco mais complexos, sistemas que oferecem respostas em tempo real e para isso, o profissional deve ter noções básicas em eletromecânica, mecânica, eletrônica e automação.

2.6 Capacidade de Analisar Dados

Ser capaz de tomar decisões assertivas através das análises das informações em tempo real e saber o que os dados informados significam, para que seja possível operar de maneira correta e ter bons resultados.

A revisão realizada por Da Silva, Kovaleski e Pagani (2019) demonstra que as competências exigidas no cenário da Indústria 4.0 são a criatividade, capacidade de liderar, comunicação, capacidade analítica, ser inovador ao tomar decisões e propor soluções e possuir conhecimento técnico.

Neste sentido, a pesquisa de Jaschke (2014) demonstra que os livros, materiais didáticos defasados, textos e imagens apenas são um complemento para o ensino de engenharia e tecnologia. Ainda segundo o autor, as IES precisam estar abertas a utilizarem a tecnologia, como o “m-learning”, o qual consiste em utilizar aparelhos móveis na educação, e os demais aparelhos eletrônicos. Outros autores, como Savelyeva et al (2019) e Svoboda (2020), demonstram que a educação digital faz parte da era da indústria 4.0 e que a utilizam de novas tecnologias fazem parte da nova maneira de ensinar e aprender.

Assim, o diferencial para que futuros profissionais enfrentem a indústria 4.0 e obtenham destaque em suas profissões está na qualificação. Esta qualificação é um desafio a ser enfrentado em todos os âmbitos, como nas empresas, instituições de ensino e governo (DA SILVA, KOVALESKI E PAGANI, 2019), bem como exige uma adaptação da educação, abdicando-se de métodos tradicionais e inserindo-se em novas tecnologias

educacionais (MOURTZIS, 2018). Além disso, pesquisas envolvendo a temática indústria 4.0 e as habilidades requeridas por ela se demonstram incipientes (PINZONE et al, 2017).

3 I ANÁLISE DAS MATRIZES CURRICULARES

Com o objetivo de obter os dados da matriz curricular, primeiramente foi acessado o site da Unicesumar, em educação presencial na unidade de Ponta Grossa, foi selecionado apenas o curso de Engenharia de Produção, e assim extraído os dados da matriz curricular para análise.

Na Tabela 1 é possível visualizar a matriz curricular do curso de Engenharia de Produção da faculdade Unicesumar de Ponta Grossa.

ENGENHARIA PRODUÇÃO - 1ª Ano	**COMPETÊNCIAS ADQUIRIDAS EM CADA DISCIPLINA**
PROJETOS DE ENGENHARIA	FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
FORMAÇÃO SOCIOCULTURAL E ÉTICA I	RELACIONAMENTO INTERPESSOAL FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
CÁLCULO INTEGRAL E DIFERENCIAL I	VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA CAPACIDADE DE ANALISAR DADOS FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
ÁLGEBRA LINEAR E GEOMETRIA ANALÍTICA	VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA CAPACIDADE DE ANALISAR DADOS FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
QUÍMICA GERAL E INORGÂNICA	FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
FÍSICA I	VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
CIÊNCIAS DO AMBIENTE	FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
PROGRAMAÇÃO PARA ENGENHARIA	VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA CAPACIDADE DE ANALISAR DADOS FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
DESENHO TÉCNICO	VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
ENGENHARIA PRODUÇÃO - 2ª Ano	
ESTATÍSTICA E PROBABILIDADE	PERCEPÇÃO DE URGÊNCIA FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
METODOLOGIA DA PESQUISA CIENTÍFICA	NÃO HÁ RELAÇÃO
CÁLCULO INTEGRAL E DIFERENCIAL II	VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA CAPACIDADE DE ANALISAR DADOS FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
FÍSICA II	VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
MATERIAIS DE ENGENHARIA	VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS	VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR

ACIONAMENTOS ELÉTRICOS	VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
SISTEMAS ELETRÔNICOS	VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
ECONOMIA	FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
ADMINISTRAÇÃO	FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
CONTABILIDADE E ANÁLISE DE CUSTOS	FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
ENGENHARIA PRODUÇÃO - 3ª Ano	
FENÔMENOS DE TRANSPORTE	VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO MECÂNICA	VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
FERRAMENTAS DA QUALIDADE	CAPACIDADE DE ANALISAR DADOS FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR PERCEPÇÃO DE URGÊNCIA
CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO	CAPACIDADE DE ANALISAR DADOS FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR PERCEPÇÃO DE URGÊNCIA
ERGONOMIA	FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
GESTÃO TECNOLOGIA E INOVAÇÃO	VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA CAPACIDADE DE ANALISAR DADOS FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
ORGANIZAÇÃO, SISTEMAS E MÉTODOS	VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA CAPACIDADE DE ANALISAR DADOS FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
ENGENHARIA DE PRODUTO	VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
ENGENHARIA DE CONFIABILIDADE	CAPACIDADE DE ANALISAR DADOS FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
GESTÃO DO PROJETO DE VIDA	RELACIONAMENTO INTERPESSOAL FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
ENGENHARIA PRODUÇÃO - 4ª Ano	
FORMAÇÃO SOCIOCULTURAL E ÉTICA II	RELACIONAMENTO INTERPESSOAL FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
PROCESSOS DE FABRICAÇÃO MECÂNICA	VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO	FLEXIBILIDADE CAPACIDADE DE ANALISAR DADOS RELACIONAMENTO INTERPESSOAL FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
PROJETO DE FÁBRICA E LAYOUT	VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
PESQUISA OPERACIONAL	CAPACIDADE DE ANALISAR DADOS FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA	CAPACIDADE DE ANALISAR DADOS FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA

GESTÃO DE PROJETOS	CAPACIDADE DE ANALISAR DADOS FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA PERCEPÇÃO DE URGÊNCIA
SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GERENCIAIS	CAPACIDADE DE ANALISAR DADOS FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA
ESTÁGIO SUPERVISIONADO I	FLEXIBILIDADE FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR RELACIONAMENTO INTERPESSOAL PERCEPÇÃO DE URGÊNCIA VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA CAPACIDADE DE ANALISAR DADOS
MANUTENÇÃO INDUSTRIAL	VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA PERCEPÇÃO DE URGÊNCIA FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
ENGENHARIA PRODUÇÃO - 5ª Ano	
HIGIENE E SEGURANÇA DO TRABALHO	FLEXIBILIDADE FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA CAPACIDADE DE ANALISAR DADOS FLEXIBILIDADE PERCEPÇÃO DE URGÊNCIA FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR
GESTÃO DE OPERAÇÕES E LOGÍSTICA	FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR CAPACIDADE DE ANALISAR DADOS PERCEPÇÃO DE URGÊNCIA VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA
ESTÁGIO SUPERVISIONADO II	FLEXIBILIDADE FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR RELACIONAMENTO INTERPESSOAL PERCEPÇÃO DE URGÊNCIA VISÃO TÉCNICA E SISTÊMICA CAPACIDADE DE ANALISAR DADOS
EMPREENDEDORISMO	FORMAÇÃO MULTIDISCIPLINAR RELACIONAMENTO INTERPESSOA

Tabela 1: Grade curricular curso de Engenharia de Produção.

FONTE: https://www.unicesumar.edu.br/presencial/cursos-graduacao/engenharia-de-producao/.

De acordo com a Tabela 1 acima, verificamos que a maioria das matérias que estão na ementa, são importantes para capacitar e qualificar um bom profissional da Indústria 4.0, também podemos verificar que nos anos iniciais do curso de Engenharia de Produção, as matérias e assuntos abordados são cálculos que estão presentes na maioria dos cursos de exatas. A partir do 3º ano de curso, é possível ter conhecimento na parte de controle de qualidade, controle de processos e gestão de tecnologia e inovação. No 4º ano também é abordado a matéria de Automação Industrial, Gestão de Projetos e Sistemas de Informações Gerenciais que hoje estão presente na Indústria 4.0. Já no 5º ano do curso, as disciplinas de Planejamento e Controle de Produção e Gestão de Operações e Logística abordam assuntos que nos auxiliam em tomadas de decisões e na percepção de urgência.

4 | COMPARAÇÃO ENTRE LITERATURA E MATRIZ CURRICULAR

Levando em consideração as competências exigidas e a matriz curricular do curso de Engenharia de Produção, e de acordo com a CNI (2016) a indústria 4.0 necessita de profissionais com desenvolvimento em áreas distintas do que estamos acostumados.

Desta forma, pode-se destacar a integração dos conhecimentos em economia, gestão de projetos, automação e entre outros, e assim auxilia no desenvolvimento das habilidades multidisciplinares em cada aluno. A partir dessa habilidade outras são desenvolvidas, como o raciocínio lógico para as tomadas de decisões rápidas e a capacidade de analisar dados, na disciplina sistemas de informações gerenciais, algo bem específico que fica claro essas habilidades aprimoradas está na análise de *KPI's* (Key Performance Indicator), ou seja, indicadores de desempenho de processos, que segundo Parmenter (2007) é a representação do KPI é composta por combinações de um ou mais indicadores, que representam um conjunto de medidas com aspectos mais críticos no desempenho eficaz e assim atingir os objetivos da organização. Portanto, é o engenheiro que irá tomar decisões baseando-se nos dados obtidos dos *KPI's*, cabe a ele interpretar os dados e encontrar a melhor solução de forma rápida e eficiente.

Vale ressaltar que o marco da quarta revolução industrial está na área da tecnologia, portanto, de acordo com a CNI (2016), sua característica principal está na integração e controle da produção, e que a partir da automatização com sensores conectados a máquinas e redes, temos a fusão dos dois mundos virtual e real. Deste modo, a partir da disciplina de gestão tecnologia e inovação os alunos são apresentados para esse novo mundo digital composta por: robóticas avançadas, manufaturas aditivas, inteligência artificial, computação em nuvem, internet das coisas, *big data*. E, que ainda em automação industrial é possível alinhar, aperfeiçoar os conhecimentos de acordo com suas aplicações e aprofundar a compreensão das novas tecnologias usadas nas indústrias.

Além disso, é essencial que os profissionais tenham um domínio técnico, e esses são desenvolvidos em estatística, resistência dos materiais, planejamento estratégico, projeto de fábrica, pesquisa operacional, manutenção industrial, entre outras. Pois, deve-se ter um grau de entendimento de como funciona o processo, para que se for necessário, saiba qual melhor momento de realizar uma manutenção, tendo em vista que o percentual maior da fábrica é composto por máquina e equipamentos. E ainda, qual matéria prima é melhor para determinada aplicação, desenhar um *layout* que auxilie na produção e reduza o tempo ocioso de um setor para o outro.

A comparação entre as matrizes e competências foi realizado através da análise da matriz curricular do curso presencial de Engenharia de Produção da Unicesumar de Ponta Grossa e pesquisas sobre as competências que estão sendo exigidas para implantação e operação da Indústria 4.0 em vários setores, sendo eles automobilístico, produção industrial, e-commerce, etc.

5 | PROPOSTA DE QUESTIONÁRIO PARA ACADÊMICOS

A partir da apresentação das competências exigidas pela indústria 4.0 através das revisões da literatura, tem-se como objetivo elaborar um questionário simples e claro, para que não haja interpretações erradas (MANZATO, 2012), e que por meio da percepção dos alunos identificar se as competências estão sendo desenvolvidas durante os cinco anos do curso.

Para desenvolver o questionário foi baseado no método de Escala Likert, pois as perguntas são realizadas de forma direta e clara ao entrevistado, e através de uma afirmação pode-se mensurar o conhecimento através de uma escala de concordância que utilizam cinco níveis, sendo do pouco para muito em relação ao tema abordado, outras foram utilizado de respostas descritivas de forma direta sobre determinado assunto e assim, mais fácil de responder e analisar.

Com isso, segue abaixo o questionário elaborado sobre a percepção dos alunos em relação as competências requeridas pela indústria 4.0 e a matriz curricular do curso de engenharia de produção.

1. O quanto você conhece sobre a Indústria 4.0.

	0	1	2	3	4	5
POUCO	( )	( )	( )	( )	( )	( ) MUITO

2. Onde você ouviu falar sobre a Indústria 4.0?

( ) Faculdade

( ) Local de trabalho

( ) Internet

( ) Outros: _____

3. Na faculdade onde você estuda, já foi abordando sobre o tema “Indústria 4.0”?

( )Sim ( ) Não ( ) Não lembro

4. Se a resposta na pergunta 3 foi “sim”, foi abordando o tema em qual disciplina?

_____

5. Assinale uma ou mais habilidades que são requeridas pela indústria 4.0:

( ) Flexibilidade

( ) Formação multidisciplinar

( ) Visão sistêmica

( ) Visão técnica

( ) Capacidade de analisar dados

( ) Simpatia

( ) Trabalho em equipe
( ) Pro atividade
( ) Relacionamento interpessoal
( ) Relacionamento intrapessoal
( ) Liderança

6. Sobre as habilidades escolhidas na pergunta 5, onde julga que deve ser desenvolvida essas competências:

( ) Casa ( ) Trabalho ( ) Faculdade ( ) Outro:_____

7. O quão relevante você acha que essas habilidades devem ser abordadas desde o início do curso de engenharia de produção:

	0	1	2	3	4	5	
POUCO	( )	( )	( )	( )	( )	( )	MUITO

8. O quanto a faculdade utiliza de recursos da indústria 4.0 para inovar no aprendizado como: óculos de realidade virtual aumentada, aplicativos com QR Code, e etc:

	0	1	2	3	4	5	
POUCO	( )	( )	( )	( )	( )	( )	MUITO

9. Uma pessoa que tenha formação multidisciplinar, deve ter habilidade em tecnologia, matemática, robótica e empreendedorismo. Além disso, deve entender conceitos de segurança e direito para lidar com todo o tipo de inovação, ou seja, executar mais de uma função dentro da empresa. A partir disso, você acha que esse tema é abordado em alguma disciplina do curso? Se sim, qual?

_____

10. Sabendo que uma pessoa que tenha percepção de urgência dento da empresa, tomará decisões de resolução de problemas baseados na criticidade de cada situação de forma prioritária. De acordo com seus anos de estudos em algum momento foi abordado esse tema? Se sim, em qual disciplina?

_____

11. O relacionamento interpessoal está relacionado a capacidade de se relacionar com outras pessoas, desta forma, podemos destacar o trabalho em equipe, ações colaborativas, comunicação. Deste modo, você julga já ter vivenciado isso em alguma disciplina? Se sim, em qual?

_____

12. Na indústria 4.0 o volume de dados aumenta pela proporção de equipamentos que são utilizados e software que realizam diversas leituras, deste modo, é necessário que se tenha uma capacidade de analisar grande volume de dados e interpretá-los, para

tomada de decisões. A partir disso, você considera já ter vivenciado algo deste gênero em alguma disciplina? Se sim, em qual?

_____

13. O quão desenvolvido em relação as competências requeridas pela indústria 4.0, você julga que estará após o termino do curso:

	0	1	2	3	4	5	
POUCO	( )	( )	( )	( )	( )	( )	MUITO

Para a comparação após a aplicação do questionário, será analisado levando em consideração em qual período do curso o aluno se encontra, qual o conhecimento que ele já possui sobre a Indústria 4.0 e por qual meio ele adquiriu o conhecimento da Indústria 4.0, terminando essa análise, será avaliado o quanto ele conheceu com o curso presencial de Engenharia de Produção da Unicesumar de Ponta Grossa e qual a relação entre as competências e as disciplinas lecionadas no curso. Com isso, será possível analisar o quanto o curso presencial de Engenharia de Produção da Unicesumar de Ponta Grossa está preparada para capacitar os estudantes para esse novo mercado da Indústria 4.0.

6 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do levantamento das competências requeridas pela indústria 4.0, essa pesquisa constatou de forma parcial que a matriz curricular do curso de engenharia de produção está abrangendo as habilidades de flexibilidade, formação multidisciplinar, relacionamento interpessoal, capacidade de urgência, visão sistêmica, capacidade de analisar dados em diversas disciplinas. Mas, vale o questionário não foi aplicado, ou seja, os dados obtidos não são exatos, portanto apenas indicam que os alunos estão conseguindo desenvolver as habilidade requeridas pela indústria 4.0, porém para uma resposta mais precisa é necessário que haja a interação dos alunos por meio de resposta, partir disso, identificar quais são as disciplinas que esse tema está mais presente, e propor melhorias caso seja necessário.

Desta forma, necessita-se continuar pesquisas para identificar as novas possíveis habilidades que a indústria 4.0 irá requer devido sua mudança rápida em relação as demais revoluções industrias que o mundo já passou.

REFERÊNCIAS

BALLUFF. **Quem é o profissional da indústria 4.0 e como adequar o seu perfil para essa nova realidade?**. Disponível em :<https://balluffbrasil.com.br/quem-e-o-profissional-da-industria-4-0-e-como-adequar-o-seu-perfil-para-essa-nova-realidade/?gclid=CjwKCAjw9vn4BRBaEiwAh0muDPeGNAi3q16ln9Kd6cNKVzk_cPAsJJimWsB5zuz8A2OpInHPf5DWOBoCILMQAvD_BwE> Acesso em: 06 de maio 2020.

UNICESUMAR. **Curso de Engenharia de Produção – Presencial**. Disponível em: <https://www.unicesumar.edu.br/presencial/cursos-graduacao/engenharia-de-producao/>. Acesso em: 15 de julho de 2020.

_____**COMPUTER WORLD**. Disponível em:<https://computerworld.com.br/carreira/quais-competencias-o-profissional-da-industria-4-0-deve-ter/> Acesso em: 10 de maio 2020.

Confederação Nacional da Indústria (CNI). (2016). **Desafios para a indústria 4.0 no Brasil**. Distrito Federal: Brasília.

INOVAÇÃO INDUSTRIAL. **Profissional da Indústria 4.0 Como se tornar um?**. Disponível em:<https://materiais.inovacaoindustrial.com.br/profissional-da-industria-4-0?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=profissional-da-industria-4-0&gclid=CKBRBaEiwAh0muDJXOsdWNbKMtpT4aYrJ4hm1zYN3Shix2kBbll3zN1n56YM31u5u0TRoCpBwQAvD_BwE> Acesso em: 1 de junho 2020.

MANZATO, A. J.; SANTOS, A. B.. **A elaboração de questionários na pesquisa quantitativa**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2012. Disponível em:< http://www.inf.ufsc.br/ensino/2012.pdf.> Acesso em: 10 de outubro de 2020.

McCLELLAND, J. A. G. **Técnica de questionário para pesquisa**. Brazilian Journal of Phisics, São Paulo, v.6, p. 94-101, 1976.

NUNES, Alessandro. **6 habilidades que o profissional da Indústria 4.0 deve ter**. Disponível em:<https://cio.com.br/6-habilidades-que-o-profissional-da-industria-4-0-deve-ter/> Acesso em: 20 de junho 2020.

PARMENTER, D. Key **Performance Indicators (KPI)**: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs. Hoboken: Wiley, 2007.

SCHAWAB, K. **A Quarta Revolução Industrial.** São Paulo: Edipro, p. 16-42, 2016.

SO RESUMO. **Resumo - Revolução Industrial**. Disponível em:<https://www.sohistoria.com.br/resumos/revolucaoindustrial.php> Acesso em: 11 de junho 2020.

CAPÍTULO 2

O IMPACTO DA INTERNET DAS COISAS NA INDÚSTRIA 4.0

Data de aceite: 01/07/2021
Data de submissão: 06/05/2021

João Victor Millano Batista
Centro Universitário Sagrado Coração – Centro de Ciências Exatas e Aplicadas
Bauru – SP
http://lattes.cnpq.br/6954387217851699

Thiago Pignatti de Freitas
Centro Universitário Sagrado Coração – Centro de Ciências Exatas e Aplicadas
Bauru – SP
http://lattes.cnpq.br/4274027425690969

RESUMO: Em meio às transformações no cenário industrial, surge na Alemanha, em 2011, o conceito de Indústria 4.0, que se refere ao modelo de indústria da Quarta Revolução Industrial. Ela promete maior modernização e automatização da produção visando facilitar a vida dos colaboradores. A melhor compreensão de seu funcionamento se dá por nove pilares de avanço tecnológico dos quais destaca-se a Internet das Coisas, que visa conectar e integrar objetos e eletrônicos à internet, facilitando nos processos de produção industrial. Com isso, é notável que a indústria precisará passar por uma adaptação para melhor conhecimento e utilização dos recursos que estes conceitos disponibilizarão. A indústria e o colaborador precisarão buscar melhores modelos de produção para sua modernização e para se destacar na vantagem competitiva. Essa pesquisa tem como base o estudo da Internet das Coisas e os impactos citados que por ela serão causados na Indústria 4.0.

PALAVRAS - CHAVE: Impactos. Indústria 4.0. Internet das Coisas. Quarta Revolução Industrial.

THE INTERNET OF THINGS IMPACT IN INDUSTRY 4.0

ABSTRACT: In the midst of changes in the industrial scenario, in Germany, in 2011, the concept of Industry 4.0 emerges, which refers to the industry model of the Fourth Industrial Revolution. It promises greater modernization and automation of production in order to make life easier for the employees. The best understanding of its operation is given by nine pillars of technological advancement, of which the Internet of Things stands out, which aims to connect and integrate objects and electronics to the internet, facilitating industrial production processes. With that, it is notable that the industry will need to undergo an adaptation to better know and use the resources that these concepts will make available.The industry and employee will need to seek better production models for its modernization and to stand out in the competitive advantage. This research is based on the study of the Internet of Things and the impacts cited by it in Industry 4.0.

KEYWORDS: Fourth Industrial Revolution. Impacts. Industry 4.0. Internet of Things.

1 | INTRODUÇÃO

As três Revoluções Industriais foram marcadas pela busca das indústrias por mudanças e inovações disruptivas que aconteceram de acordo com as necessidades e a disponibilidade de recursos da época. Diante do atual cenário da globalização, das descobertas científicas e da tecnologia, notou-se a necessidade de pensar em uma nova metodologia de produção que aborde novos desafios e contemple circunstâncias decorrentes da incerteza, do dinamismo e da complexidade em ambientes impulsionados por mercados turbulentos e clientes exigentes (VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018; XU; XU; LI, 2018).

Segundo Vaidya, Ambad e Bhosle (2018), essa nova filosofia de produção, denominada "Indústria 4.0" foi apresentada na Feira Industrial de Hannover, na Alemanha, em 2011, abordando a conectividade, digitalização e tecnologia na indústria com o intuito de melhorar a organização, o controle e o desenvolvimento de sistemas produtivos. Esse conceito é associado à Quarta Revolução Industrial que é marcada pela inovação, automação e eficiência, caracterizando a construção da fábrica e manufatura inteligente.

O funcionamento e a integração entre equipamentos e operações resultam na autonomia da produção da Indústria 4.0 e se dão, basicamente, por um conjunto de nove pilares. A implementação dessas tecnologias causará impactos, no entanto, a digitalização será o menor deles, pois a inovação baseada na combinação de múltiplas tecnologias de ponta, força as empresas a repensarem sua gestão negócios e processos, sua posição na cadeia de valor e o desenvolvimento de produtos (GILCHRIST, 2016; RÜßMANN *et al.*, 2015).

Wortmann e Flüchter (2015) dizem que a Internet das Coisas institui a manufatura inteligente ao estabelecer um novo modelo de integração e conexão na Indústria 4.0 concentrando as informações em um único dispositivo, impactando diversas áreas da indústria ao estabelecer novos modelos de negócios e novas estratégias de produção e gestão.

Levando em conta os dados levantados e os fatos apresentados, indaga-se: com a modernização industrial e a renovação de seus pilares, a indústria atual está pronta para integrar a Internet das Coisas e estabelecer o modelo de Indústria 4.0?

2 | INDÚSTRIA 4.0

Ao longo de dois séculos ocorreram três Revoluções Industriais que mudaram a produção e impactaram a indústria com mudanças e inovações que romperam com os padrões de indústria da época. Diante da globalização e da constante busca pela modernização, em 2011, na feira industrial de Hannover, na Alemanha, a Indústria 4.0 foi apresentada como uma iniciativa estratégica com o intuito de revolucionar a manufatura das indústrias e garantir vantagem competitiva (KAGERMANN *et al.*, 2013; VAIDYA; AMBAD;

BHOSLE, 2018; XU; XU; LI, 2018).

A Indústria 4.0 pode ser entendida como uma nova organização que consiste em um conjunto de tecnologias de ponta integradas aos equipamentos visando prever, controlar e planejar informações para obter melhores resultados, o melhor gerenciamento da cadeia de valor e a otimização do ciclo de vida dos produtos, se associando a interoperabilidade, virtualização, descentralização, adaptação da produção em tempo real, orientação a serviços e modularidade para moldar seu desenvolvimento (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016; KAGERMANN *et al.*, 2013; LU, 2017).

Para melhor usufruir a manufatura inteligente e auxiliar o desenvolvimento e o processo de adaptação para a Indústria 4.0, são associados nove pilares de avanço tecnológico, que serão brevemente explicados nas próximas seções do texto. No entanto, a Internet das Coisas será tratada em um tópico à parte por ser um dos objetos de estudo (GILCHRIST, 2016; RÜßMANN *et al.*, 2015).

Em geral, as estruturas, os serviços e os processos da Indústria 4.0 são monitorados pelos Sistemas Ciber-físicos, que através da conexão com a Internet das Coisas auxilia a tomada de decisões para garantir melhor desempenho da fábrica, introduzindo o conceito de fábrica inteligente (LU, 2017; RÜßMANN *et al.*, 2015).

2.1 Sistemas Ciber-Físicos

Os Sistemas Ciber-físicos constituem de tecnologias que gerenciam os sistemas produtivos e oferecem soluções promissoras e inovadoras para transformar a operação, o monitoramento e a comunicação na indústria. Esse conceito integra a indústria vertical e horizontalmente com as tecnologias de ponta incorporando e processando as diferentes informações geradas em tempo real, contribuindo para a implementação da manufatura inteligente (LU, 2017; RÜßMANN *et al.*, 2015; XU; XU; LI, 2017).

Na Indústria 4.0, os Sistemas Ciber-físicos são integrados para facilitar a comunicação e permitir uma fabricação flexível, adaptável e eficiente através do controle e monitoramento dos processos produtivos e do acesso às informações (KAGERMANN *et al.*, 2013; STOCK; SELIGER, 2016; XU; XU; LI, 2017).

2.2 Computação em Nuvem

Em vista do aumento do fluxo de informações, a Computação em Nuvem facilita seu processamento, permitindo seu acesso em qualquer lugar sem ocupar espaços físicos. De acordo com o Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia dos Estados Unidos (NIST), esse pilar deve possuir as seguintes características: precisão no serviço, atendimento sob demanda, amplo acesso à internet, agrupamento de recursos e elasticidade rápida (BÜCHI; CUGNO; CASTAGNOLI, 2020; ERBOZ, 2017; XU; XU; LI, 2017).

A manufatura baseada em nuvem é implantada na Indústria 4.0 para compor um conjunto de serviços que oferece soluções para controlar, monitorar e armazenar

informações (KAMBLE; GUNASEKARAN; GAWANKAR, 2018; LU, 2017; RÜßMANN *et al.*, 2015; XU; XU; LI, 2017).

2.3 Big Data

Big Data é um termo que se refere a qualquer interação com uma grande quantidade informações. Esse pilar trabalha de maneira rápida e eficiente na filtragem dos dados, ajudando a tomar decisões, graças aos 5 Vs, que são volume, variedade, velocidade, veracidade e valor (BÜCHI; CUGNO; CASTAGNOLI, 2020).

Os dados são coletados e analisados nas diversas fases da produção para simplificar processos, otimizar a qualidade, melhorar o desempenho das máquinas e tomar decisões com base em evidências (BÜCHI; CUGNO; CASTAGNOLI, 2020; ERBOZ, 2017; GILCHRIST, 2016; RÜßMANN *et al.*, 2015).

2.4 Cibersegurança

Tendo isso o risco de exposição das informações, a Cibersegurança incorpora mecanismos de segurança e proteção que fornecem serviços de confidencialidade, autenticidade e controle de acesso a fim de preservar a integridade dos dados da empresa, dos clientes e dos fornecedores (BÜCHI; CUGNO; CASTAGNOLI, 2020; GILCHRIST, 2016; KAMBLE; GUNASEKARAN; GAWANKAR, 2018).

Todos os aspectos relacionados à proteção e segurança precisam ser projetados desde o início do sistema de produção junto com o desenvolvimento e a implantação de estratégias e padrões de Tecnologia da Informação para conferir um alto grau de confidencialidade e integridade, contribuindo para que a Cibersegurança possa fornecer soluções adequadas, confiáveis e acessíveis (CARVALHO *et al.*, 2019; ERBOZ, 2017; KAGERMANN *et al.*, 2013).

2.5 Manufatura Aditiva

A Manufatura Aditiva, ou Impressão 3D, é um conjunto de processos e tecnologias que adicionam de sucessivas camadas de material para fabricar produtos. Eles são previamente projetados em três dimensões com o auxílio de sofwares de Desenho Assistido por Computador (CAD), que analisam e modelam as informações para produzir (BÜCHI; CUGNO; CASTAGNOLI, 2020; GILCHRIST, 2016; KAMBLE; GUNASEKARAN; GAWANKAR, 2018).

A Manufatura Aditiva é flexível e produz com eficiência e eficácia, oferecendo alta qualidade e design refinado aos produtos, contribuindo para a alta performance da manufatura inteligente através do desenvolvimento em massa de produtos personalizados (GHOBAKHLOO, 2019; KAMBLE; GUNASEKARAN; GAWANKAR, 2018; VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018).

2.6 Robôs Autônomos

Para serem integrados à Indústria 4.0, os robôs melhoraram e se tornaram ferramentas munidas de Inteligência Artificial que possuem flexibilidade e operação otimizadas e são capacitadas garantir autonomia e eficiência dos processos produtivos. Sua presença na Indústria 4.0 não extermina o trabalho humano, mas coloca-o em colaboração com as máquinas, visando facilitar as operações e diminuir o esforço humano poupando-os de tarefas que colocam sua saúde e segurança em risco. (BÜCHI; CUGNO; CASTAGNOLI, 2020; GILCHRIST, 2016; KAMBLE; GUNASEKARAN; GAWANKAR, 2018; RÜßMANN *et al.*, 2015).

2.7 Simulações

As Simulações envolvem ferramentas capazes de copiar o mundo físico e reproduzí-lo em modelos virtuais permitindo com que sejam testados diversos modos de produção a fim de selecionar aquele que otimiza o uso dos materiais e melhora as operações e a qualidade do produto. Esse pilar capta precisamente informações sobre o sistema de produção e oferece recursos necessários para ajustar sistemas complexos planejando operações e permitindo uma gestão integrada (BÜCHI; CUGNO; CASTAGNOLI, 2020; ERBOZ, 2017; RÜßMANN *et al.*, 2015).

O desenvolvimento das simulações ocorrem através da conectividade e da integração entre os modelos digitais, oferecendo recursos necessários para testar os processos produtivos e a vida útil do produto, permitindo a melhoria contínua e a tomada de decisão (ERBOZ, 2017; GHOBAKHLOO, 2019; KAGERMANN *et al.*, 2013).

2.8 Realidade Aumentada

Realidade Aumentada é uma tecnologia que permite a integração entre o mundo real e virtual fornecendo informações em tempo real para auxiliar na tomada de decisão e promover a melhoria contínua. O acesso a essa tecnologia é acompanhado de sensações como visão, som, toque e cheiro, cuja percepção é enriquecida através do uso de uma série de dispositivos (BÜCHI; CUGNO; CASTAGNOLI, 2020; ERBOZ, 2017; STOCK; SELIGER, 2016; VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018).

Esse pilar suporta uma variedade de serviços, e em suas diversas aplicações e ciclos de operações, é criado um modelo virtual do produto que se deseja fabricar para auxiliar o seu desenvolvimento e a detecção de falhas (CARVALHO *et al.*, 2019; RÜßMANN *et al.*, 2015; ZHONG *et al.*, 2017).

3 I INTERNET DAS COISAS

A Internet das Coisas é um grupo de infraestruturas que promovem a conexão entre objetos e capacita-os a interagir com as informações, visando estabelecer a manufatura

inteligente. Os diversos dados da Indústria 4.0 são coletados e disponibilizados em tempo real através de Identificadores por Rádiofrequência (RFID) e da comunicação *Wireless* podendo ser acessados em um único dispositivo (CARVALHO *et al.*, 2019; LU, 2017; ZHONG *et al.*, 2017).

As três principais características da Internet das Coisas são contexto, onipresença e otimização. Contexto refere-se a possibilidade de resposta imediata às mudanças através da interação avançada entre os objetos, a onipresença é a capacidade de fornecer informações básicas de um objeto em tempo real, otimizando a interatividade na Indústria 4.0 (VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018; WORTMANN; FLÜCHTER, 2015; ZHONG *et al.*, 2017).

O fluxo de informações pela Internet das Coisas se inicia com a captura dos dados gerados, que são transformados para que possam ser processados pelos equipamentos. Em seguida eles são filtrados e passam por um processo de mapeamento, e então, elas são agrupadas em concordância com suas aplicações. Por fim, elas são duplicadas e designadas conforme suas especificações sendo compartilhadas de maneira segura e adequada, para que finalmente sejam sincronizadas pelas máquinas (LU, 2017; WORTMANN; FLÜCHTER, 2015; ZHONG *et al.*, 2017).

Em suma, o grande fluxo de informações acontece na Indústria 4.0 graças à Internet das Coisas, que possibilita a conexão de objetos à internet através de sensores de Identificação por Rádiofrequência (RFID) para que possam gerar, administrar e auxiliar processos.

4 | METODOLOGIA

A pesquisa realizada apresenta caráter exploratório baseada em revisão bibliográfica com análise quantitativa e qualitativa, que se dá pela descrição e mensuração das características e das informações levantadas a respeito do tema da pesquisa interpretados por meio de observação, descrição e compreensão do fenômeno estudado (GERHARDT; SILVEIRA, 2009; MARCONI; LAKATOS, 2003).

O caráter exploratório da pesquisa se dá quando há pouco conhecimento a respeito do assunto abordado no trabalho, buscando conhecê-lo e esclarecê-lo de forma mais aprofundada apresentando os resultados de maneira compreensível construindo questões importantes para a condução da pesquisa (RAUPP; BEUREN, 2006).

Segundo Marconi e Lakatos (2003), a revisão bibliográfica é realizada com a abrangência de todo material publicado. Esse tipo de pesquisa não é uma repetição do que já foi dito anteriormente, mas proporciona a análise do tema sob outro foco chegando a conclusões inovadoras, propiciadas pela integração das abordagens quantitativas e qualitativas.

A pesquisa quantitativa baseia-se em métodos lógico-dedutivos que buscam explicar

as relações de causa-efeito e geram conclusões que permitem generalizar e replicar o resultado por meio de análises estatísticas e instantâneas da realidade. A pesquisa qualitativa busca aproximar a teoria descrevendo e interpretando episódios isolados através de análises fenomenológicas e privilegia o conhecimento da relação entre contexto e ação (BERTO *et al.*, 1999; GERHARDT; SILVEIRA, 2009; MARCONI; LAKATOS, 2003).

Para elaborar a introdução foram buscados artigos científicos nas bases do Google Acadêmico e Science Direct que pudessem estar apresentar a Indústria 4.0 e sua relação com a Internet das Coisas. As principais palavras-chave inseridas foram "Industry 4.0", "Internet of Things" e "Industry 4.0 Internet of Things". Foram coletadas diversas publicações, tanto em inglês como em português, e foi feito um levantamento de informações para a seleção daquelas que melhor se adequavam para produção do texto.

Alguns trabalhos selecionados anteriormente também foram utilizados para escrever e basear a pesquisa com o intuito de conceituar e apresentar as principais considerações sobre o impacto da Internet das Coisas na Indústria 4.0. Foram coletadas diversas publicações e suas informações foram qualitativamente analisadas para que fossem filtradas e selecionadas as melhores e mais precisas.

5 I O IMPACTO DA INTERNET DAS COISAS NA INDÚSTRIA 4.0

A integração entre os nove pilares e as tecnologias de ponta da Indústria 4.0 configura a fábrica e manufatura inteligentes, contribuindo para o estabelecimento de grande fluxo de informações e oferecendo ferramentas para melhor monitorar e gerenciar sua vulnerabilidade através da Cibersegurança (LU, 2017; RÜßMANN *et al.*, 2015).

De acordo com Ghobakhloo (2019) e Rüßmann *et al.* (2015), o índice de contratação na Indústria 4.0 terá um aumento, exigindo também que os colaboradores possuam competências e habilidades específicas. A produtividade crescerá em razão do estabelecimento dos pilares industriais, que permitem a customização de produtos constribuindo para atrair investimentos.

Especializados e renomados estudos ressaltam que os Sistemas Ciber-físicos e a Internet das Coisas são os principais pilares da Indústria 4.0, e integrados à Computação em Nuvem, capacitam a troca de informações entre máquinas, sensores, atuadores e softwares ao longo da cadeia produtiva e dos processos de produção contribuindo para o estabelecimento da manufatura inteligente (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016; VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018; ZHONG *et al.*, 2017).

A utilização da Internet das Coisas nas indústrias é capaz de monitorar e controlar o estoque de materiais para facilitar sua reposição e compensar recursos indisponíveis que auxiliam na formação novos serviços e produtos através de um contato com fornecedores, estabelecendo novos modelos de negócios e possibilitando maior inclusão dos clientes nos processos produtivos (BÜCHI; CUGNO; CASTAGNOLI, 2020; KIEL *et al.*, 2016; NASIRI;

TURA; OJANEN, 2017).

Em geral, a disponibilização e o fluxo de informações em tempo real na Indústria 4.0 tornam os processos e produtos mais eficientes e qualitativos, ajudam a reduzir custos e otimizam a utilização dos equipamentos. Nos sistemas produtivos e nas operações, a Internet das Coisas é capaz de aumentar a eficiência e o desempenho, garantir a segurança do trabalho, reduzir o tempo operacional, aumentar a confiabilidade e a precisão dos processos e aprimorar as previsões, a tomada de decisão (KIEL *et al.*, 2016; NASIRI; TURA; OJANEN, 2017).

Na Cadeia de Suprimentos e na Logística, a Internet das Coisas é capaz de otimizar o desempenho e a tomada de decisões para atender aos requistos da produção e contribuir para a otimização do gerenciamento e da organização do estoque. Além disso, as informações associadas ao produto e ao transporte de mercadorias são disponibilizadas instantânea e precisamente para otimizar os processos e reduzir custos e desperdícios com maior controle e monitoramento das atividades (KIEL *et al.*, 2016; NASIRI; TURA; OJANEN, 2017; RÜßMANN *et al.*, 2015).

Em geral, é necessário que os colaboradores possuam competências necessárias para desenvolver atividades criativas, inovadoras e interpessoais e que eles sejam capacitados para entender e lidar com o desenvolvimento, com o monitoramento e com as operações de novas tecnologias (KIEL *et al.*, 2016; NASIRI; TURA; OJANEN, 2017; RÜßMANN *et al.*, 2015).

Os principais impactos da Internet das Coisas na Indústria 4.0 estão sintetizados no Quadro 1.

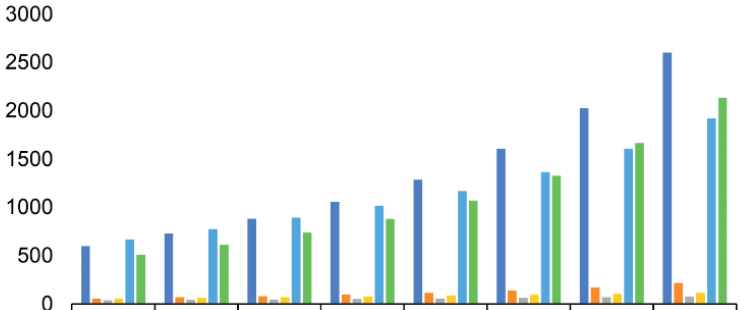
Áreas de aplicação	Considerações prévias	Impactos
Relacionamento entre clientes e fornecedores	A utilização da Internet das Coisas na Indústria 4.0 estabelece um novo modelo de comunicação entre empresas, clientes e fornecedores.	- Estabelecimento de operações e produtos inteligentes e personalizados; - Controle e monitoramento de materiais.
Produção e Operações	- O fluxo de informações ocorre através do relacionamento máquina-máquina; - A Internet das Coisas é capaz de melhorar a imagem da empresa e gerar vantagem competitiva.	- Redução de custos; - Processos e produtos mais qualitativos, eficientes, precisos, confiáveis e seguros; - Diminuição no tempo operacional e menor índice de acidentes; - Proteção e segurança das informações; - Aprimoramento do desempenho operacional e da tomada de decisão; - Redução do consumo e do disperdício.
Logística e Cadeia de Suprimentos	O uso da Internet das Coisas nessa área é caracterizado pela instrumentação, interconexão, inteligência, automatização, integração e inovação.	- Otimização do gerenciamento e da organização do estoque; - Melhor gerenciamento da Cadeia de Suprimentos; - Precisão das informações.
Equipe de trabalho	O futuro da produção, como previsto pela Indústria 4.0, é marcado pela digitalização e pela descentralização.	- Novas habilidades e qualificações; - Criatividade, inovação e interpessoalidade; - Qualificação para análise de dados e resolução de problemas; - Proteção e segurança no trabalho e melhora na qualidade de vida.

Quadro 1 – Síntese dos impactos da Internet das Coisas na Indústria 4.0

Fonte: Elaborado pelo autor.

A integração dos processos de oferta e demanda são aprimoradas através da união entre Internet das Coisas e Indústria 4.0, por meio da qual acontece o grande fluxo de informações, permitindo seu controle e monitoramento para acompanhar as operações associadas de produção, da Cadeia de Suprimentos, da Logística e do ciclo de vida do produto (LU, 2017; STOCK; SELIGER, 2016; XU; XU; LI, 2017).

Espinoza *et al.* (2020) o investimento na Internet das Coisas em bilhões de dólares (US$) entre 2013 e 2020 por regiões do mundo, como consta no Gráfico 1.



	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ásia-Pacífico	600.3	729.5	881.8	1056.9	1287.6	1605.9	2027.2	2602.6
Europa Centro-Oriental	57.9	69	81.9	96.4	115	140	172.9	217.1
América Latina	37.5	42.5	47.2	51.5	56.7	62.9	69.4	76.3
Centro-Leste da África	56.2	63.7	70.8	77.2	85.1	94.4	104.1	114.4
América do Norte	667.9	775.5	892.7	1016.8	1168.8	1363.2	1608	1922.1
Europa Ocidental	507.7	612.1	737.1	880.9	1069.8	1325.8	1667	2132.8

Gráfico 1 – Investimento na Internet das Coisas por região do mundo em bilhões de dólares (US$).

Fonte: Adaptado de Espinoza *et al.* (2020).

O investimento em Internet das Coisas passou de US$ 1927,5 bilhões em 2013 para US$ 7065,3 bilhões em 2020. Além disso, Espinoza *et al.* (2020) estimam que a aplicação de capital nessa tecnologia pode chegar a um total de 10 trilhões de dólares até 2025. Diante dessa análise, nota-se que a região Ásia-Pacífico foi a que mais investiu no desenvolvimento dessa tecnologia, e a América Latina a que menos investiu.

Foram selecionados alguns países e analisada sua preparação para enfrentar barreiras e implementar a Indústria 4.0 e a Internet das Coisas. Diante da seleção e consulta de referências específicas e da análise do Gráfico 1, foi elaborada uma escala de 25% em 25% e feita uma avaliação que resultou no Quadro 2.

Países	25%	50%	75%	100%	Referências
Alemanha					Kagermann *et al.* (2013)
Brasil					Dalenogare *et al.* (2018)
Canadá					Ślusarczyk (2018)
China					Zhong *et al.* (2017)
Espanha					Commission (2017)
Estados Unidos					Ślusarczyk (2018)
Itália					Tiraboschi e Seghezzi (2016)
Reino Unido					Foresight (2013)

Quadro 2 – Análise do progresso e da preparação para implementação da Indústria 4.0 e da Internet das Coisas nos países.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Alemanha, a China, os Estados Unidos e o Reino Unido são os países mais preparados para a Indústria 4.0, pois possuem um planejamento claro que visa identificar barreiras para investigar e propor medidas objetivas para essa transição. O Brasil foi considerado o menos preparado, pois investe pouco na Indústria 4.0 e não se definiu sobre o assunto, tendo pouco conhecimento sobre tal, resultando em poucas organizações que utilizam pelo menos um dos nove pilares. Os países classificados entre 50% e 75% se encontram em situações intermediárias tendo em vista o seu investimento, mas eles não possuem documentos com medidas tão claras como os países classificados em 100%.

Diante das atuais circustâncias e das informações levantadas, a indústria atual está pronta para integrar a Internet das Coisas e estabelecer o modelo de Indústria 4.0, tendo em vista o crescimento em seu investimento, como mostra o Gráfico 1. Considerando que a maioria das industriais de alguns países, inclusive do Brasil, se encontram nos padrões da Segunda Revolução Industrial, é vantajoso implementar diretamente o modelo de Indústria 4.0, pois a automação também faz parte da Terceira Revolução, e seus impactos seriam igualmente sentidos se a ordem da transição se seguisse de forma consecutiva.

A Indústria 4.0 conta com o auxílio de nove pilares de inovação tecnológica, dos quais os Sistemas Ciber-físicos e a Internet das Coisas são os principais, e contribuem para estabelecer os conceitos de fábrica e manufatura inteligente, causando impactos na indústria e influenciando a adaptação de diversas áreas para lidar com o grande fluxo de informações. O avanço para a Indústria 4.0 não é somente uma busca por vantagem competitiva, mas também é uma necessidade diante das cincunstâncias atuais.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscou-se nesse estudo esclarecer demonstrar o funcionamento da Internet das Coisas para esclarescer seus impactos na Indústria 4.0. Foram apresentados nove pilares que contribuem para o estabelecimento da fábrica e manufatura inteligentes. Como resultado, os impactos da Internet das Coisas na Indústria 4.0 foram identificados, e foi avaliada a situação de cada país em relação a implementação desses conceitos.

As operações industriais, a produção, a Logística e a Cadeia de Suprimentos serão as áreas mais afetadas nessa transição, uma vez que a instalação de tecnologias ocasionam mudanças na gerência, na administração e nas operações industriais, exigindo habilidades e competências específicas dos colaboradores.

Através do estudo das referências selecionadas, conclui-se que as condições para a Indústria 4.0 são favoráveis, mas ela ainda não ocorreu em massa, possívelmente, pela falta de investigações e diagnósticos a respeito dos possíveis impactos e barreiras que dificultam sua implantação tendo em vista a ausência de estudos específicos recentes que expõem a situação e o planejamento de cada país para essa transformação.

Tendo em vista as limitações e dificuldades do presente trabalho, pesquisas futuras devem averiguar a situação e as condições específicas de cada país para a implantação da Indústria 4.0 apontando barreiras e propondo soluções adequadas para facilitar sua implementação. Além disso, recomenda-se apresentar de maneira clara os benefícios que favorecem uma transição direta da Indústria 2.0 para a 4.0.

REFERÊNCIAS

BERTO, Rosa Maria Villares *et al.* **A produção científica nos anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: um levantamento de métodos e tipos de pesquisa**. Production, v. 9, n. 2, p. 65-75, 1999.

BÜCHI, Giacomo; CUGNO, Monica; CASTAGNOLI, Rebecca. **Smart factory performance and Industry 4.0**. Technological Forecasting and Social Change, v. 150, p. 119790, 2020.

CARVALHO, Anderson *et al.* **At the Edge of Industry 4.0**. Procedia Computer Science, v. 155, p. 276-281, 2019.

COMMISSION, European. **Spain: Industria Conectada 4.0**. European Commission. 2017.

DALENOGARE, Lucas Santos *et al.* **The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance**. International Journal of Production Economics, v. 204, p. 383-394, 2018.

ERBOZ, Gizem. **How to define industry 4.0: main pillars of industry 4.0**. Szent Istvan University, Gödöllő, p. 1-9, 2017.

ESPINOZA, Héctor *et al.* **Estimating the impact of the Internet of Things on productivity in Europe**. Heliyon, v. 6, n. 5, p. e03935, 2020.

FORESIGHT, U. K. **The future of manufacturing: a new era of opportunity and challenge for the UK**. Summary Report, The Government Office for Science, London, 2013.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Plageder, 2009.

GHOBAKHLOO, Morteza. **Industry 4.0, Digitization, and Opportunities for Sustainability**. Journal of Cleaner Production, p. 119869, 2019.

GILCHRIST, Alasdair. **Industry 4.0: the industrial internet of things**. Apress, 2016.

HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. **Design principles for industrie 4.0 scenarios**. In: 2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS). IEEE, 2016. p. 3928-3937.

KAGERMANN, Henning *et al.* **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry**; final report of the Industrie 4.0 Working Group. Forschungsunion, 2013.

KAMBLE, Sachin S.; GUNASEKARAN, Angappa; GAWANKAR, Shradha A. **Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives**. Process Safety and Environmental Protection, v. 117, p. 408-425, 2018.

KIEL, Daniel *et al.* **The impact of the industrial internet of things on established business models**. In: Proceedings of the 25th international association for management of technology (IAMOT) conference. 2016. p. 673-695.

LU, Yang. **Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues**. Journal of Industrial Information Integration, v. 6, p. 1-10, 2017.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed.-São Paulo: Atlas, 2003.

NASIRI, Mina; TURA, Nina; OJANEN, Ville. **Developing disruptive innovations for sustainability: a review on Impact of Internet of Things (IOT)**. In: 2017 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET). IEEE, 2017. p. 1-10.

RAUPP, Fabiano Maury; BEUREN, Ilse Maria. **Metodologia da Pesquisa Aplicável às Ciências**. Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2006.

RÜßMANN, Michael *et al.* **Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries**. Boston Consulting Group, v. 9, n. 1, p. 54-89, 2015.

ŚLUSARCZYK, Beata. **Industry 4.0: Are we ready?**. Polish Journal of Management Studies, v. 17, 2018.

STOCK, Tim; SELIGER, Günther. **Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0**. Procedia Cirp, v. 40, p. 536-541, 2016.

TIRABOSCHI, Michele; SEGHEZZI, Francesco. **Il Piano nazionale Industria 4.0: una lettura lavoristica**. 2016.

VAIDYA, Saurabh; AMBAD, Prashant; BHOSLE, Santosh. **Industry 4.0–a glimpse**. Procedia Manufacturing, v. 20, p. 233-238, 2018.

WORTMANN, Felix; FLÜCHTER, Kristina. **Internet of things**. Business & Information Systems Engineering, v. 57, n. 3, p. 221-224, 2015.

XU, Li Da; XU, Eric L.; LI, Ling. **Industry 4.0: state of the art and future trends**. International Journal of Production Research, v. 56, n. 8, p. 2941-2962, 2018.

ZHONG, Ray Y. *et al.* **Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review**. Engineering, v. 3, n. 5, p. 616-630, 2017.

CAPÍTULO 3

ANÁLISE ERGONÔMICA DE UM POSTO DE TRABALHO EM UMA INDÚSTRIA DE PEQUENO PORTE DO RAMO ALIMENTÍCIO

Data de aceite: 01/07/2021
Data de submissão: 05/05/2021

Pedro Picolo Malandrino
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Londrina – Paraná
http://lattes.cnpq.br/2715327914772434

Tiago Bernardino Vargas
Universidade Estadual de Maringá
Londrina – Paraná
http://lattes.cnpq.br/9818354810970201

Bruno Samways dos Santos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Londrina – Paraná
http://lattes.cnpq.br/5500192844287607

RESUMO: As micro e pequenas empresas representam, segundo o SEBRAE (2018), 27% do PIB brasileiro e empregam 54% dos trabalhadores com carteira assinada do Brasil. Dado ao grande número de empregados que o setor representa e a representatividade de suas atividades no produto interno bruto brasileiro, relaciona-se a ergonomia com a qualidade de vida dos colaboradores e com a produtividade das organizações. O presente relato analisou a ergonomia de um processo em uma indústria de pequeno porte do ramo alimentício com base na Análise Ergonômica do Trabalho (AET) e na NR 17 da Portaria nº3214/78 utilizando a ferramenta RULA e instrumentos de medição de análise de fatores ambientais.

PALAVRAS - CHAVE: Ergonomia; RULA; AET; Indústria Alimentícia.

ERGONOMIC ANALYSIS OF A WORKSTATION IN A SMALL FOOD FACTORY

ABSTRACT: According to SEBRAE (2018) the micro and small business represents 27% of brazilian GDP and employes 54% of Brazil's formally employed workers. Given to the great portion of Brazilian employment that the sector represents and the representativeness of their activities to the country's gross domestic product, ergonomics can be related to the quality of life of workers and the productivity of organizations. The present report analyzed the ergonomics of a workstation in a small food factory based on the Ergonomic Workplace Analysis (EWA) and NR 17 of Portaria nº3214/78 using the RULA tool and measuring instruments of environmental factors analysis.

KEYWORDS: Ergonomics; RULA; EWA; Food Factory.

1 I INTRODUÇÃO

As microempresas e empresas de pequeno porte tem relevância no ambiente econômico brasileiro. Em 2018, representavam 98,5% do total de empresas instalados no país, respondendo por 27% do PIB nacional e empregando 54% dos/as trabalhadores/as com carteira assinada. Esse expressivo volume de número de empresas e sua participação na economia revela a importância e a esperança

do setor para a retomada da economia brasileira (SEBRAE, 2018).

Por isso, a melhoria, o desenvolvimento e a qualidade não só dos produtos e serviços ofertados, mas também dos processos produtivos dessas empresas caracterizam importante papel no desenvolvimento da produção nacional. O relatório do SEBRAE (2018) também aponta a expressividade da empregabilidade dessas pequenas empresas, assim, deve-se dar importância e atenção aos fatores que podem afetar a sociedade, o/a trabalhador/a e o desenvolvimento do setor.

Portanto, como o trabalho humano é fonte de valor das organizações e os dados mostram que mais da metade dos brasileiros formalmente empregados são admitidos por MPE, é de suma importância a otimização das atividades dos seres humanos e seu ambiente de trabalho, em especial, nesta fatia da economia que representa ainda muitas organizações em desenvolvimento. O conceito de ergonomia é, segundo a Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO):

> [...] o estudo das interações das pessoas com a tecnologia, a organização e o ambiente, objetivando intervenções e projetos que visem melhorar, de forma integrada e não dissociada, a segurança, o conforto, o bem-estar e a eficácia das atividades humanas (ABERGO, 2019).

Por conseguinte, como a ergonomia interfere na qualidade de vida dos trabalhadores e consequentemente na produtividade das organizações, o presente estudo teve como objetivo analisar a ergonomia de um processo produtivo de uma micro-indústria, baseando-se na Análise Ergonômica do Trabalho (AET). Para isso, foram utilizadas como base teórica o livro “Ergonomia: projeto e produção” do Itiro Iida e Lia Buarque (2016), a ferramenta de análise ergonômica RULA, a NR 17 da Portaria nº 3214/78 e instrumentos de medição na análise dos fatores ambientais.

A ferramenta RULA (acrônimo de *Rapid Upper-Limb Assessment,* que em português significa avaliação rápida de membros superiores) permite o levantamento de informações baseadas em diagramas de postura de corpo e que investigam a ergonomia do posto de trabalho que potencialmente causem desordens musculoesqueléticas.

Já a AET, avalia a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores com base no levantamento, transporte e descarga de materiais, mobiliário, equipamentos, condições ambientais do posto de trabalho e sua organização. Assim, esta foi utilizada como direcionadora na visita diagnóstica, direcionando para quais aspectos o pesquisador deveria estar atento, para obter dados.

A empresa estudada está inserida no ramo alimentício, possui 16 funcionários e fabrica produtos próprios e para terceiros. Ela conta com dois produtos: massa de pizza de frigideira; e, massa de pizza integral de frigideira. Ambas são embaladas em pacote também com 270 gramas e 10 discos. O mercado compete com produtos de rápido preparo, como congelados, pastéis, tapiocas e outros fabricantes de massa de pizza. Logo, através do estudo da ergonomia de um caso de um posto de trabalho de uma empresa de pequeno

porte do ramo alimentício, esse artigo explora a aplicação de ferramentas teóricas da ergonomia.

A ferramenta RULA tem sido aplicada de forma individual ou com o complemento de alguma em empresas de diferentes áreas (de forma individual ou complementar, citando-se aqui restaurantes, hospitais, construção civil, manufatura, entre outros. Por exemplo, Ferreira et al. (2009) analisaram as posturas e riscos ergonômicos no setor financeiro utilizando a avaliação RULA, *checklist* de Couto e o questionário SF-36, constatando possíveis (porém improváveis) problemas de Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT), ambiente de trabalho em geral próximo do ideal e qualidade de vida elevada de acordo com o SF-36. Lourinho et al. (2011) analisaram as condições ergonômicas de 50 trabalhadores pelo método RULA, Índice de Sobrecarga e do questionário Censo de Ergonomia em uma empresa calçadista. Os autores constataram um alto risco de DORT, posturas que exigem mudanças importantes de imediato e prevalência de dores de natureza musculoesquelética.

Deros, Daruis e Basir (2015) avaliaram o desconforto ou dores corporais dos trabalhadores utilizando o método RULA e também o *Body Parts Symptom Survey* (BPSS). A partir de sete colaboradores, constatou-se problemas ergonômicos que exigiam soluções imediatas devido ao nível de problemas com o manuseio de materiais da empresa de manufatura. Já Dorado, Fabros e Rupisan (2015) estudaram o projeto de triciclo (*sidecars*) para transporte de passageiros na cidade de Quezon, Filipinas. Os autores utilizaram análise multivariada e regressão logística para análise estatística da amostra e os métodos RULA e *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) para análise de postura, e levantamento sobre presença de desconforto. Foi verificado um alto percentual de pessoas com desconforto, além de posturas inadequadas (mudanças imediatas necessárias) e altura inadequada de assentos e encostos.

Rivero et al. (2015) utilizaram lógica *fuzzy* do método RULA para analisar postura de colaboradores de uma empresa industrial e de construção em Veracruz, México. O objetivo foi testar um aplicativo capaz de utilizar a abordagem *fuzzy* no método RULA para indicar níveis de risco. Souza e Filho (2017) aplicaram um estudo ergonômico quanto à postura e movimentos na operação de *checkout* de um supermercado no estado de Minas Gerais. Os Método RULA, Diagrama de Corpo e *Checklist* foram usados como ferramentas e os operadores de caixa estão expostos a riscos ocupacionais por esforços repetitivos, sobrecarga, postura, entre outros, constatando problemas principalmente na região das costas (inferior e superior), pescoço, ombros e pernas. Por fim, Lima et al. (2018) analisaram a postura de 41 colaboradores em atividades de escritório da secretaria de um instituto de educação por meio da Escala de Dor e/ou Desconforto Corporal, RULA, banco de Wells, estatística descritiva e inferencial. Os trabalhos correlatos estão em sua forma resumida na Tabela 1.

Autor(es) e ano	Foco do estudo	Ferramentas ou abordagens
Ferreira et al. (2009)	Setor financeiro	RULA; *checklist* de Couto; questionário SF-36
Lourinho et al. (2011)	Empresa calçadista	RULA; Índice de Sobrecarga; questionário Censo de Ergonomia
Deros, Daruis e Basir (2015)	Manuseio de materiais em empresa de manufatura	RULA e também o *Body Parts Symptom Survey* (BPSS)
Dorado, Fabros e Rupisan (2015)	Projeto de triciclo (*sidecars*) no transporte	Análise multivariada e regressão logística; RULA; REBA; levantamento sobre presença de desconforto
Rivero et al. (2015)	Indústria e construção	Lógica Fuzzy; RULA
Souza e Filho (2017)	Operações de *checkout* de supermercado	RULA; Diagrama de Corpo; *Checklist*
Lima et al. (2018)	Secretaria de Instituto de educação	Escala de Dor e/ou Desconforto Corporal; RULA; banco de Wells; estatística descritiva e inferencial

Tabela 1 – Resumo dos trabalhos correlatos.

2 I DESENVOLVIMENTO

A indústria analisada é dividida em setor administrativo e setor da produção. A primeira é composta por uma pessoa, o proprietário, que concentra todas as atividades administrativas. Já a segunda é composta por um gerente de produção, uma subgerente de produção e mais treze auxiliares de produção.

Todos os processos da empresa, da limpeza até o operacional, passando pelo recebimento e expedição das mercadorias, é padronizado em documentos chamados POP (Procedimento Operacional Padrão). Eles são realizados por todos os funcionários e supervisionados pelos gerentes e pelo proprietário da empresa.

A produção é composta por oito processos principais: mistura dos ingredientes na batedeira; compactação da massa na prensa; manta obtida da massa compactada utilizando o cilindro; laminação e corte dos discos na esteira; desidratação dos discos na chapa; resfriamento dos discos nas esteiras; pesagem; e, empacotamento e aplicação de conservante. Cada funcionário exerce apenas uma função, que pode ser compartilhada com outros, dependendo do processo. Apenas o gerente desempenha duas funções ao mesmo tempo, ele trabalha no manuseio do cilindro e, nos intervalos da atividade, realiza a supervisão.

A sequência de processamento é feita na seguinte ordem, representada pelo fluxograma abaixo:

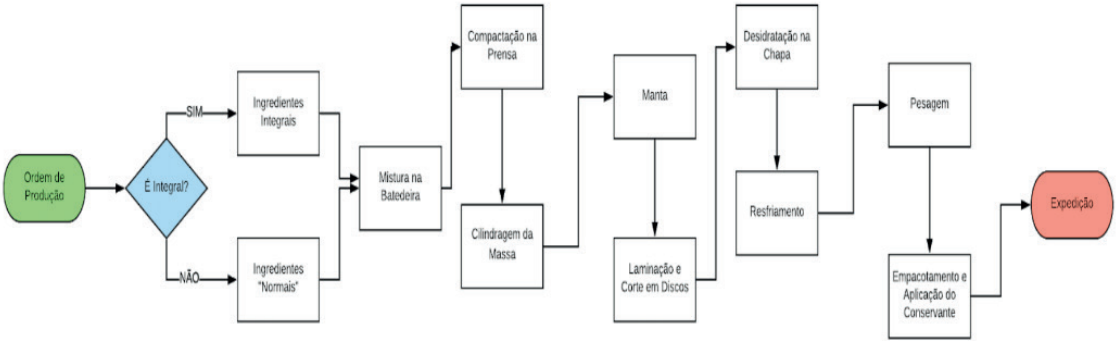


Figura 1 – Fluxograma de processos da produção de pizza de frigideira 270 gramas.

Para o estudo da ergonomia do posto de trabalho, selecionou-se o processo de obtenção da manta de massa anteriormente prensada, compactando a massa no cilindro. O critério utilizado para a seleção do processo foi pela sua complexidade ergonômica. Esse processo é caracterizado pelo manuseio de uma massa volumosa e pesada.

O processo está organizado nas seguintes etapas: o funcionário busca uma mesa móvel já abastecida com a manta e a leva até o cilindro. Pegando na ponta da massa, ele a encaixa no equipamento e começa o processo de afinar a massa utilizando uma alavanca eletrônica. Durante esse processo, ele guia a massa para evitar que ela grude em outra parte. Ao atingir o ponto correto, a manta volta para a mesa móvel, onde com um gabarito e uma faca, o operador a corta. A figura 2 ilustra o procedimento estudado em questão.

Figura 2 – Representação de cilindragem da manta de massa.

Foram estudadas também algumas condições ambientais as quais a empresa dispunha dos instrumentos necessários para o cálculo: iluminação, temperatura, ruídos e cor do ambiente.

Para avaliação rápida da postura dos membros superiores nesse processo do trabalho foi utilizado o formulário RULA. Na qualificação da atividade do posto dentre as variáveis analisadas pelo RULA, em quase todas, pontuou-se com a nota mínima de esforço. Quer seja, a localização da posição do antebraço, a localização da posição do punho, a torção do punho, a análise do pescoço, tronco e pernas e a análise das pernas receberam a nota mínima, 1. Apenas duas avaliações obtiveram notas acima do mínimo: a localização da posição do tronco, que trabalha com inclinação até 20 graus, recebeu nota 2; e, a análise do braço e pulso, que trabalham com uma angulação entre 45 e 90 graus afastados do corpo, recebendo nota 3. Somadas as cargas e a frequência do trabalho, que também foram avaliadas com nota mínima, a nota final avaliada pelo RULA foi nota 2.

3 I RESULTADOS E DISCUSÕES

Para o estudo do processo produtivo foi decidido analisar especificamente o processo de afinar a massa com o cilindro, tendo em vista o peso da massa manta e o processo em si, que é usual na fabricação de outros produtos como pão, e sabe-se do esforço físico necessário para realização da atividade. Foram estudadas também algumas condições ambientais as quais a empresa dispunha dos instrumentos necessários para o cálculo: iluminação, temperatura, ruídos e cor do ambiente.

Tomando como base as avaliações e resultados do RULA aplicado ao processo de cilindragem da manta de massa, além da observação analítica e tendo os procedimentos da NR17 como direcionadora dos diagnósticos, serão discutidas a seguir os principais resultados do estudo ergonômico realizado pensando em propostas de melhorias.

Após medir o ambiente de trabalho concluiu-se que o espaço é suficiente para a realização da tarefa. Com 6m², a sala é composta por um cilindro que ocupa 1m², uma mesa móvel (0,8m²), duas mesas fixas com um total de 1,2m² além do operador. Com isso, o ambiente fornece sensação de espaço e conforto ao colaborador.

Na execução do processo, todo o trabalho é realizado na posição em pé. O responsável permanece em frente a máquina por um período de 15 minutos, após finalizar uma leva de massas, ele leva a mesa móvel para a esteira, retornando com outra mesa carregada de manta, reiniciando a produção.

Todos os movimentos necessários são realizados pelo tronco, braços e mãos do funcionário. Ele precisa encaixar a massa entre os cilindros, para isso curva levemente a coluna e estica seus braços, o comando do cilindro é feito por uma alavanca eletrônica, a massa é manipulada constantemente pelas mãos e braços do operador (para evitar que se enrolem) e, após atingir o ponto correto, a manta é cortada sobre a mesa móvel em

tamanhos padrões.

Além dessas observações críticas, o método RULA aplicado confirmou que os movimentos não necessitam de grandes esforços. Observou-se também que os movimentos estão sempre dentro do raio de alcance dos membros. A pontuação de 2 na aplicação método confirma que a postura é aceitável se não for mantida ou repetida por longos períodos. O ritmo deste posto é baixo, devido ao equipamento, que trabalha em baixa velocidade. Além do processo anterior ser mais demorado que o do cilindro.

Isto é, a pontuação final do método RULA de 2 pontos indica que a postura da atividade é adequada e não há necessidade de maiores elaborações. No entanto, através das avaliações detectou-se que a análise do braço e pulso foi o critério que recebeu pior nota. O RULA aponta, assim, para uma possibilidade de melhoria ergonômica, caso a empresa se mostre disposta a melhorar o posto ou caso hajam casos de incômodos entre os/as funcionários/as.

As características ergonômicas que garantem o resultado positivo da avaliação podem ser destacadas como: utilização de mesa de inox móvel que garante o transporte e setup da massa de peso 20kg; apoio de pé em todas as mesas do posto de trabalho que garantem o descanso de uma das pernas; a altura das mesas são reguláveis e estão todas padronizadas, não havendo desnível entre as partes do posto. Essas características evitam que o colaborador se curve, que haja excesso de peso levantado bem como facilitam o transporte e evitam acidentes.

Na coleta de dados das condições ambientais, a medição da iluminação feita por um multifunções da Instrutherm forneceu um resultado de 169 LUX. Para temperatura, medição feita por um termômetro da marca Instrutherm, foi verificado 25,4ºC. Para medição do ruído foi utilizado o mesmo multifunções da marca Instrutherm que captou 59,9 dB. Por fim, a cor do ambiente é predominantemente branca, com paredes e azulejos brancos.

4 I CONCLUSÕES

Com o intuito de explorar a aplicação de ferramentas da ergonomia, este trabalho analisou um posto de trabalho de uma pequena empresa, uma indústria do ramo alimentício. Selecionou-se o posto de trabalho de maior exigência e, a partir de uma base teórica, avaliou-se alguns aspectos ergonômicos: esforço físico e postural, aspectos qualitativos do ambiente, temperatura e luminosidade.

Para o posto analisado, os resultados revelaram pouca exigência ergonômica. Isto é, as condições de trabalho estão adequadas ao/à trabalhador/a.

Os resultados positivos além de serem confirmados pelo RULA também podem ser confirmados com os dados fornecidos pela empresa, dentre eles, nunca se registrou um acidente devido ao processo produtivo, ou sofreu-se algum processo de doença devido ao ambiente de trabalho. Adicionalmente, como a maioria das funções são compostas

por movimentos repetitivos, existe uma rotação a cada uma hora ou duas. A adequação ergonômica das atividades da empresa fica ainda mais evidente quando analisado os demais postos de trabalho. Foi possível observar que em nenhum processo além do estudado (desde carregamento de matéria prima até expedição das caixas do produto finalizado) as cargas ultrapassam 1kg, sendo aqueles realizados com transporte móvel adequado não ultrapassando 60kg.

Da questão de segurança do trabalho, pode-se destacar também a existência de simbologia de segurança nas máquinas, identificação de EPIs, localização dos extintores e saídas de emergência.

Nota-se que em todas análises ergonômicas realizadas na indústria e no processo estudado as questões ergonômicas estão todas muito bem estruturadas e aplicadas. As possibilidades de melhoria do posto de trabalho podem ser identificadas pela aplicação do RULA, mas no caso estudado não há nenhuma urgência de sua aplicação.

Em suma, os resultados das ferramentas teóricas, tal como o RULA, mostraram aderência ao resultado histórico da empresa, de não haver nenhum acidente ou afastamento por doença. Essa excelência na adequação do trabalho ao/à trabalhador/a em uma empresa de pequeno porte contrapõe a hipótese de que os esforços ergonômicos estejam restritos à grandes empreendimentos, que possuem recurso para tal. A pequena indústria estudada aponta para a possibilidade de que o grande volume de empresas de pequeno porte, que empregam a maioria da população brasileira, possam ser eficientes e produtivos sob o ponto de vista ergonômico.

REFERÊNCIAS

ABERGO. **O que é a ergonomia**. Disponível em: <http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=o_que_e_ergonomia>. Acesso em: 30 abr. 2019.

DEROS, B. M.; DARUIS, D. D. I.; BASIR, I. M. **A Study on Ergonomic Awareness among Workers Performing Manual Material Handling Activities**. Procedia - Social and Behavioral Sciences, v. 195, p. 1666–1673, 2015.

DORADO, N. J. L.; FABROS, P. D. C.; RUPISAN, C. A. N. **An Ergonomic Analysis of Tricycle Sidecars in Quezon City**. Procedia Manufacturing, v. 3, n. Ahfe, p. 2816–2823, 2015.

FERREIRA, V. M. DE V.; SHIMANO, S. G. N.; FONSECA, M. DE C. **Fisioterapia na valiação e prevenção de risco ergonômico em trabalhadores de um setor financeiro TT** - Physical therapy for assessing and preventing ergonomic risks in a financial unit workers. Fisioter. pesqui, v. 16, n. 3, p. 239–245, 2009.

IIDA, I.; BUARQUE, L. **Ergonomia: projeto e produção**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2016.

FLAHAULT, A.; BAR-HEN, A.; PARAGIOS, N. **Public Health and Epidemiology Informatics**. Yearbook of medical informatics, n. 1, p. 240–246, 2016.

LIMA, I. A. X. et al. **Incomodidad Corporal, Carga Física y Nivel de Flexibilidad en Trabajadores del Sector Administrativo de una Institución de Enseñanza Superior en Florianópolis, del Sur de Brasil**. Ciencia & trabajo, v. 18, n. 57, p. 145–149, 2016.

LOURINHO, M. G. et al. **Riscos de lesão musculoesquelética em diferentes setores de uma empresa calçadista. Fisioterapia e Pesquisa**, v. 18, n. 3, p. 252–257, 2012. RIVERO, L. C. et al. Fuzzy Logic and RULA Method for Assessing the Risk of Working. Procedia Manufacturing, v. 3, n. Ahfe, p. 4816–4822, 2015.

SEBRAE. **Perfil das microempresas e empresas de pequeno porte. Brasília**, DF: Sebrae, 2018. Disponível em:

<http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/RO/Anexos/Perfil%20das%2 0ME%20e%20 EPP%20-%2004%202018.pdf>. Acesso em: 28 maio. 2019.

SOUZA, J. A. C. DE; MAZINI FILHO, M. L. **Análise ergonômica dos movimentos e posturas dos operadores de checkout em um supermercado localizado na cidade de Cataguases, Minas Gerais**. Gestão & Produção, v. 24, n. 1, p. 123–135, 2017.

CAPÍTULO 4

MATRIZ SWOT: DIAGNOSTICO DE VINÍCOLA COM CENÁRIO DA SECA NO SERTÃO DE PERNAMBUCO

Data de aceite: 01/07/2021

Fernando de Sousa Medeiros
UNOPAR
http://lattes.cnpq.br/8104278150790497
Petrolina-PE

André William David de Sena
UNOPAR

Francyelly Julyanny Barbosa da Silva
UNOPAR

RESUMO: Com a alarmante crise hídrica no sertão de Pernambuco, a preocupação em relação á agricultura irrigada a qual é uma das importantes fontes econômicas para o desenvolvimento do Estado, ficou-se amplamente conhecida pela população da região. Tentando minimizar os impactos causados pela seca em uma empresa do ramo de produção de vinho, vem-se investigar a melhor maneira de solucionar os problemas, através de uma ferramenta de gestão da qualidade. Diante deste ambiente, o presente trabalho tem por finalidade identificar através da análise SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats), também conhecida por Matriz FOFA (Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças) a realidade atual de uma vitivinícola localizada na cidade de Petrolina – PE. Por meio de pesquisa de campo, bibliográfica, documental e entrevista com o representante da referida empresa, buscou-se analisar o ambiente interno (pontos fortes e fracos), bem como o ambiente externo (oportunidades e ameaças), a fim de que seja identificado o planejamento estratégico da organização diante dessa realidade a qual está inserida.

PALAVRAS - CHAVE: Análise SWOT, Crise Hídrica, Vitivinícola.

MATRIZ SWOT: DIAGNOSIS OF WINERY WITH A DROUGHT SCENARIO IN THE HINTERLAND OF PERNAMBUCO

ABSTRACT: With the alarming water crisis in the hinterland of Pernambuco, the concern in relation to irrigated agriculture, which is one of the important economic sources for the development of the State, became widely known by the population of the region. Trying to minimize the impacts caused by drought in a company in the wine production business, we have been investigating the best way to solve the problems, through a quality management tool. Given this environment, the present work aims to identify through SWOT analysis (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats), also known as FOFA Matrix (Strengths, Opportunities, Weaknesses and Threats) the current reality of a wine producer located in the city of Petrolina - FOOT. Through field research, bibliographic, documentary and interview with the representative of the said company, we sought to analyze the internal environment (strengths and weaknesses), as well as the external environment (opportunities and threats), in order to be identified the organization's strategic planning in the face of this reality to which it is inserted.

KEYWORDS: SWOT Analysis, Water Crisis,

Viticulture.

1 I INTRODUÇÃO

A região de Petrolina, localizada a 730 km da capital pernambucana, Recife, possui a 5ª maior economia do estado, com um PIB que ultrapassa R$ 5,2 bilhões da riqueza pernambucana (2010), segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Devido ao clima seco e a irrigação, tornou-se a segunda maior exportadora de frutas e o segundo maior centro vinícola do país. A apreciação dos vinhos e frutas do Vale do São Francisco se dá à sua temperatura elevada quase o ano todo, que expõe as frutas ao estresse contínuo e, assim, atribuindo gostos diferentes.

O cenário da cidade segundo Cadastro Nacional de Empregados e Desempregados (CAGED) é favorável para a geração de empregos e desenvolvimento da cidade, no entanto a realidade atual é diferente. Com a estiagem prolongada que já dura mais de quatro anos, as consequências, principalmente para a população que trabalha com a agricultura da região não estão sendo positivas. Os produtores de uva e outras frutas, temem a possível falta de água para as culturas irrigadas no Vale do São Francisco, pois, a barragem de Sobradinho, no norte da Bahia, está operando no momento com apenas 4% da capacidade, segundo informações da Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF) (outubro de 2017), responsável pela operação do Sobradinho.

A realidade da cidade de Petrolina- PE, desde 2011 segundo Ranyére Nóbrega, professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) é preocupante. A população sofre com a falta de chuvas que tem deixado o reservatório de água localizado em Sobradinho-BA, que abastece alguns municípios como Petrolina - PE, Juazeiro - BA, Casa Nova - BA entre outros, em níveis abaixo do esperado.

> Levantamentos realizados pela Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF) estimam que no início de dezembro de 2015, a represa alcançara o volume morto, impossibilitando o bombeamento da água e a preservação do sistema de produção baseado na agricultura irrigada.

Neste cenário difícil e desafiador na região, estão localizadas vinícolas que produzem vinhos, espumantes, com distribuição interna e externa para exportação e vendas locais. A Vitivinícola Quintas São Braz, localizada na cidade de Petrolina-PE, com área de 25.974 m² e 40 (quarenta) funcionários, foi escolhida para o estudo de caso. O objetivo desse estudo foi de realizar uma análise através da Matriz SWOT para auxiliar na tomada de decisão por parte dos gestores da organização da empresa.

2 | DESENVOLVIMENTO

2.1 Contexto da região (RIDE)

A Região Administrativa Integrada de Desenvolvimento do Polo Petrolina/PE e Juazeiro/BA foi criada pela Lei Complementar nº 113, de 2001, e regulamentada pelo Decreto nº 4.366, de 2002. É constituída pelos municípios de Lagoa Grande, Orocó, Petrolina, Santa Maria da Boa Vista, no Estado de Pernambuco, e pelos municípios de Casa Nova, Curaçá, Juazeiro e Sobradinho, no Estado da Bahia. A RIDE Petrolina–Juazeiro foi definida pelo Congresso Nacional como região prioritária para aplicação de investimentos que venham minimizar as desigualdades socioeconômicas. No âmbito das ações da Secretaria de Programas regionais, foram investidos diretamente na RIDE recursos orçamentários voltados para o fortalecimento da atividade turística associada à agricultura irrigada, à ciência e à tecnologia e, principalmente, à vitivinicultura. Além disso, nas esferas estadual e municipal, os governos pernambucano e baiano, as prefeituras dos municípios integrantes e as entidades da sociedade civil passaram a articular iniciativas com vistas à geração de oportunidades de desenvolvimento para a área.

Como potencialidades, a região constitui-se hoje em um polo de desenvolvimento tecnológico da fruticultura irrigada. Recentemente tornou-se o segundo polo vitivinicultor do Brasil, com produção anual de 7 milhões de litros de vinho – 15% da produção nacional, sendo que, desse percentual, 30% são vinhos finos, premiados nacional e internacionalmente, produzidos nas oito vinícolas instaladas nos municípios pernambucanos de Lagoa Grande e Santa Maria da Boa Vista e em Casa Nova, na Bahia. A região dispõe da infraestrutura do Aeroporto Internacional de Petrolina, da Hidrovia do Rio São Francisco, com o Lago de Sobradinho, o maior lago artificial do mundo, e possui ligação rodoviária com as principais capitais do Nordeste.

2.2 Caracterização da empresa

A vitivinícola Quintas São Braz, situada a 14 km do centro da cidade, era conhecida no ano de 2007 pelo nome de Vinícola Passarinho, logo após o ano de 2017, passando a fazer parte da família São Braz.

A produção de vinho destinado ao mercado interno, sempre foi o diferencial para a vitivinícola, devido ao fato de que na região, é a única que trabalha somente com essa forma de distribuição, que é vendido nos caminhões pipas para outras vinícolas do Brasil, sendo assim um ponto forte da empresa, já que não tem concorrentes nessa área. A empresa atualmente tem 8,5 hectares de plantação de uva, devidamente utilizada na produção do líquido.

Devido ao solo arenoso que consiste a plantação das uvas, é necessária irrigação constante, sendo utilizado de 40 a 80 litros de água por dia/planta. Em relação ao desperdício, segundo Marinelson Queiroz, responsável pela irrigação das plantas, ele afirma que não há

grandes quantidades de desperdício, pois, existe um processo de reutilização da água, que é direcionada para a plantação de capim no espaço.

Entretanto, a empresa diante do racionamento de água, construiu um reservatório de 35 mil litros de água, para suprir a necessidade do campo no dia conhecido como “Dia D”, em que a distribuição de água da cidade é cortada para localidades irrigadas da cidade, como por exemplo, a vitivinícola em questão.

A água utilizada é captada através de uma bomba industrial localizada nas margens do rio São Francisco, a uma distância de 300 metros da vitivinícola, e, passa por um processo de filtragem para que seja distribuída na plantação de uvas.

Diante de toda preocupação com a falta de chuvas na região, a organização está atualmente gerindo da melhor forma possível cada setor, no entanto, a vitivinícola não utiliza nenhuma ferramenta que possa aperfeiçoar os processos.

2.3 Crise hídrica no Vale do São Francisco

A bacia do rio São Francisco estende-se pelos estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Sergipe, Alagoas, Goiás e o Distrito Federal, inseridos nas Regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste do país. A área total é de 619.543,94 km², dividida em quatro Regiões fisiográficas (Alto, Médio, Submédio e Baixo), onde se distribuem, segundo o IBGE (2010), 521 municípios, com população de mais de 12 milhões de habitantes, cerca de 7,5% da população do país.

O sertão é caracterizado, sobretudo, pelo domínio do clima semiárido, que abrange boa parte da Região Nordeste, compreendendo, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), grande parte do interior do Piauí (especialmente as porções leste e sudeste), todo o Ceará e Rio Grande do Norte, praticamente toda a porção ocidental da Paraíba e de Pernambuco, e uma faixa menor de Alagoas e de Sergipe, além de praticamente todo o interior da Bahia, caracterizando o chamado Polígono das Secas, que delimita o domínio do semiárido, e estende-se para além dos limites administrativos do Nordeste, incluindo também o norte de Minas Gerais.

Como reflexo da estiagem que se agrava desde 2013, em diversos Estados da Região Nordeste, a vazão difluente da barragem de Sobradinho vem sendo reduzida nos últimos anos aos níveis mais críticos da sua história.

A crise hídrica deixou o lago de Sobradinho com 4,87% das águas do volume útil nos primeiros dias de outubro (2017). Em 29 de setembro esse número era de 5,23%, com redução registrada dia a dia.

O Rio São Francisco passa por 34 municípios da Bahia e possui grande influência na economia do Estado. Além disso, banha cidades de Minas Gerais, Alagoas e Sergipe. “Há um risco do rio entrar em colapso em pouco tempo, tendo em vista a escassez de chuvas que tem comprometido o nível do reservatório do Sobradinho”, afirmou o senador Fernando Bezerra Coelho (PSB-PE) (2017), que diante da situação crítica solicitou uma

audiência pública para debater a crise hídrica na região.

A crise hídrica que atinge a região do rio São Francisco desde 2013, atingiu seu ponto mais severo no ano de 2017, diz Anivaldo Miranda, presidente do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – CBHSF à IHU On-Line. Segundo ele, na atual situação, a administração da crise tem sido muito complexa, "porque quem está a montante da foz da Bacia Hidrográfica do Alto São Francisco quer reservar mais água, ou seja, manter a água ao máximo nos reservatórios, e quem está a jusante quer que se libere mais água para contornar os efeitos da diminuição das vazões que afetam principalmente as capitações de água para o abastecimento humano e para os perímetros irrigados".

2.4 Ferramenta de qualidade

Para entender sobre qualidade, é necessário conhecer o significado de seu termo. A palavra qualidade vem do latim 'qualitate'. Os principais autores sobre o tema, como Deming, Crosby, Juran e Feigenbaun, procuraram defini-la de acordo com uma série de princípios, os quais devem ser adequados para a implantação da qualidade nas organizações.

A norma brasileira ABNT NBR ISO 9000, define qualidade como:

> "Grau no qual um conjunto de características inerentes satisfaz a requisitos".

O conceito de gestão da qualidade foi evoluindo com o passar do tempo, á medida que as pessoas tornaram-se mais exigentes em suas avaliações.

Inicialmente, surgiu na Segunda Guerra Mundial, para corrigir os erros dos produtos bélicos, mas anteriormente o termo utilizado era "Controle de Processos". Com sua evolução, passou a denominar-se Garantia da Qualidade, utilizando normas específicas para cada etapa. Após isso, surgiu o Controle da Qualidade, no início do século XX por Frederick Taylor e Ford.

Para garantir o aumento da confiabilidade e prevenir problemas no processo produtivo, a organização está diretamente ligada à disponibilidade do uso das ferramentas gerenciais do controle da qualidade total para a estratificação, identificação, solução e comparação de resultados, de possíveis falhas e problemas existentes no processo. Desse modo, as ferramentas são aliadas e passam a ser integrantes do processo administrativo e estratégico (PONGELUPPE, 2002).

Esses instrumentos são conhecidos como ferramentas da gestão da qualidade. O objetivo de utilizá-las é chegar a um grau de eficiência/eficácia em uma determinada atividade ou processo.

Para ALMEIDA (1994), as pequenas empresas são eficientes no seu dia-a-dia, mas ineficazes nas decisões estratégicas. Assim, o autor sugere que a técnica administrativa apropriada para solucionar este problema é o planejamento estratégico. Ainda, com o aumento da competitividade, as pequenas empresas concorrem, na maioria das vezes, com grandes empresas, que, por sua vez, conhecem os benefícios do planejamento estratégico

e o utilizam como ferramenta gerencial (POLICASTRO, 2000).

2.5 Análise SWOT

Com o intuito de conhecer os pontos fortes, fracos, as oportunidades e ameaças, o uso da Matriz SWOT terá como função analisar de forma ampla os quatro quadrantes da Matriz.

A Matriz SWOT é uma ferramenta estratégia muito utilizada que estuda a competitividade de uma organização segundo quatro variáveis: **Strengths** (Forças), **Weaknesses** (Fraquezas), **Oportunities** (Oportunidades) e **Threats** (Ameaças). Quando os pontos fortes de uma organização estão alinhados com os fatores críticos de sucesso para satisfazer as oportunidades de mercado, a empresa será por certo, competitiva no longo prazo (RODRIGUES, et al., 2005).

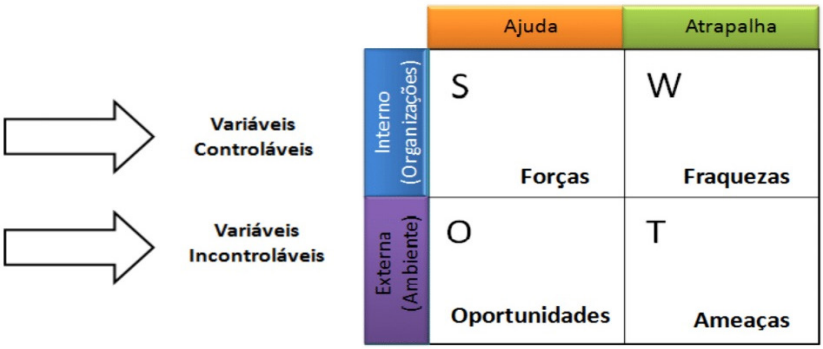


Fig.1- Análise SWOT.

Autor: Adaptado de Ferrell et al. (2000. P.71).

A análise SWOT é uma ferramenta utilizada para fazer análises de cenário ou análises de ambiente, sendo usada como base para a gestão e o planejamento estratégico de uma organização. É um sistema simples para posicionar ou verificar a posição estratégica da empresa no ambiente em questão (DAYCHOUW, 2007).

De acordo com Rezende (2008) as forças ou pontos fortes: São as variáveis internas e controláveis que propiciam condições favoráveis para a organização em relação ao seu ambiente. São características ou qualidades da organização, que podem influenciar positivamente o desempenho da organização. Os pontos fortes devem ser amplamente explorados pela organização. Fraquezas: São aspectos mais negativos da empresa em relação ao seu produto, serviço ou unidade de negócios. Devem ser fatores que podem ser controlados pela própria empresa e relevantes para o planejamento estratégico (MARTINS, 2007).

Oportunidades: São aspectos mais positivos do produto/serviço da empresa em

relação ao mercado onde está ou irá se inserir. São fatores que não podem ser controlados pela própria empresa e relevantes para o planejamento estratégico (MARTINS, 2007).

Ameaças: São atividades que podem levar a empresa para uma redução de receita ou até mesmo a seu desaparecimento. Estão ligadas aos concorrentes e novos cenários, desafiando a atual estratégia do empreendimento. Para evita-las devem ser analisados seus graus de possibilidade de ocorrerem e níveis de gravidade (MARTINS, 2007)

Tendo em vista o objetivo desse trabalho é verificar a importância da Matriz SWOT, além de identificar como se comporta uma organização que utiliza o recurso hídrico diariamente, diante da falta do mesmo. Para atingir esse objetivo, foi realizada uma profunda pesquisa bibliográfica através de artigos, sites e estudo de campo na vitivinícola.

3 I METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos utilizados na construção desse trabalho foram através de pesquisa qualitativa realizada por meio de pesquisas bibliográficas e o estudo de caso de uma empresa do setor de produção de vinho situada em Petrolina-PE, devido a relevância para a região.

Pesquisa qualitativa por se tratar de um estudo com maior profundidade, uma vez que estará voltado a qualidade das informações analisadas neste método, o pesquisador visa encontrar o porquê do estudo, expandir o que precisa ser realizado, investigando o que poderá ser as possíveis provas para a finalidade do estudo proposto.

De acordo com Kauark, Manhães e Medeiros (2010) o estudo de caso é caracterizado por um estudo aprofundado e detalhado do problema proposto. Para este estudo, a empresa contribuiu com a disposição do histórico de informações locais, pois a mesma possui um sistema integrado de dados, onde foi-se possível resgatar os dados históricos.

Os instrumentos utilizados no estudo foram a entrevista semiestruturada e o questionário. A escolha pela entrevista foi voltada por um simples motivo, o entrevistado terá maior liberdade de se expressar sobre determinado assunto, uma vez que no momento da entrevista irá surgir questionamentos sobre os conceitos exibidos, auxiliando no desenvolvimento da pesquisa. O questionário foi escolhido pelo fato de seguir uma linha contínua lógica que é importante para facilitar a análise de dados e servir de complemento para o entrevistado não ficar de fora desse contexto.

4 I RESULTADOS

Os resultados de uma organização dependem muito da estratégia utilizada por ela. Ao contrário da natureza, as organizações podem utilizar a imaginação e a capacidade de raciocínio lógico de seus estrategistas para se diferenciarem das demais. A estratégia é a responsável pela geração de vantagens competitivas, e deve ser estruturada a partir de

uma análise completa dos seus ambientes externo e interno (BARNEY; HESTERLY, 2009).

Através do questionário abaixo serão diagnosticados os quadrantes da Matriz SWOT, analisando como a vitivinícola estrategicamente se mantém frente á concorrência e ao ambiente da região a qual está localizada.

QUESTIONÁRIO - VITI VINÍCOLA QUINTAS SÃO BRAZ		
	SIM ( )	NÃO ( )
1. Em virtude da escassez de água na região, é provável que o número de demissões tenha aumentado?	( )	(X)
Quanto?	Acima de 50 % ( ) Abaixo de 50 % ( )	
2. O custo na produção aumentou?	(X)	( )
Quanto?	Superior a 50% ( )	
	Inferior a 50% (X)	
3. Está sendo necessário compras de equipamentos para captar a água do nível morto? (EX. Bombas e tubulações)	( )	(X)
Quais?	Bombas ( ) Tubulações ( ) Outros ( )	
4. O aumento na tarifa de energia elétrica, afeta a economia da empresa?	(X)	( )
5. A qualidade do produto está sendo afetada?	( )	(X)
6. A vinícola está se mantendo e lidando com essa crise hídrica?	(X)	( )
7. A localização da vinícola atrapalha a comercialização do produto?	( )	(X)
8. Qual a opnião em relação as vinícolas concorrentes, elas estão com as mesmas dificuldades?	(X)	( )
9. A quantidade de água que está sendo liberada é suficiente?	(X)	( )
10. Existes metas e/ ou esperanças de crescimento para 2020?	(X)	( )

Fig. 2 - Questionário.

Fonte: Autor (2018).

Em relação ás forças: A vitivinícola Quintas São Braz, tem como principal diferencial na região a produção de vinho a granel, a organização conta com todos os seus funcionários desde o início que se implantou na cidade. Ademais, outro fato importante é que diante da falta de água, a qualidade do produto não está sendo afetada, possibilitando que a empresa continue firme e com credibilidade no mercado.

Em relação ás fraquezas: Diante da situação atual da cidade em relação a água, a vitivinícola aumentou os custos na produção do vinho, além de que ocorreu aumento na tarifa de energia. Foi observado que a empresa não utiliza ferramentas de qualidade, o que pode ocasionar transtornos atuais e futuros para à empresa.

Em relação ás oportunidades: A vitivinícola deseja em médio prazo tornar a infraestrutura do local um atrativo para visitantes, além de que deseja manter e expandir a comercialização do seu produto para novas organizações. A empresa deseja alcançar suas

metas e acredita que mesmo com a situação a qual se encontra existe possibilidades de crescimento.

Em relação ás ameaças: A empresa precisa atentar-se á crise hídrica na região, já que as previsões de chuvas não irão surtir efeito para a barragem de sobradinho - BA em curto prazo e com volumes de água abaixo do normal, além disso, os recursos financeiros e a qualidade do produto acabam sendo afetados de maneira negativa. Outro fato é que a empresa não faz uso de nenhuma ferramenta da qualidade podendo ocorrer falhas em alguns processos produtivos da organização.

5 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da aplicação da matriz SWOT foram observadas oportunidades e forças para impulsionar ainda mais o crescimento da Vitivinícola Quintas São Braz, bem como evidenciar as principais ameaças e fraquezas a serem corrigidas.

Através desse breve estudo, verificou-se melhor a realidade atual da empresa citada, que vem se mantendo firme no mercado e com esperanças de crescimento para o seu segmento na região. A organização demonstra está preparada para lidar com a crise hídrica, sendo esse um dos pontos fortes a qual se deve aperfeiçoar diariamente. As fraquezas e ameaças que a organização enfrenta devem ser analisadas para que não venham prejudicar os setores, já que dependem do recurso hídrico para produção e consequentemente venda do produto.

A utilidade da ferramenta é ampla, possibilitando que a empresa enxergue os problemas a quais devem dar atenção e ampliem as qualidades existentes na organização. Com esse cenário a qual consiste, é necessário mais segurança nas tomadas de decisões e sempre ter alternativas de ação, caso ocorra imprevistos em virtude da falta de água.

Por fim, salientamos a importância das ferramentas de qualidade dentro de qualquer organização. A ferramenta utilizada para o trabalho tem características importantes e um papel fundamental na definição de estratégias que permitem a competitividade no mercado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo acontecesse, além de nos ter dado saúde e forças para superar as dificuldades. A nossa querida orientadora Ilênia Evangelista Rodrigues de Oliveira pelo empenho e apoio na elaboração deste trabalho. As nossas famílias pelo amor, incentivo e apoio. E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da construção desse artigo.

REFERÊNCIAS

A análise SWOT. Disponível em: < http://pt.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lise_SWOT>. Acesso em: 18. dez. 2007.

BUSTAMANTE, P. M. A. C. **A fruticultura no Brasil e no Vale do São Francisco**: Vantagens e Desafios. Revista econômica do Nordeste. v. 40, n. 01, Jan./Mar. 2009

COSTA, E. de F. **Os determinantes do crédito na fruticultura irrigada do Vale do São Francisco**. Série Working paper BNDES/ANPAC No.29. Março/2012.

DANTAS, Nathallye Galvão de Souza; MELO, Rodrigo de Sousa. **O método de análise SWOT como ferramenta para promover o diagnóstico turístico de um local**: o caso do município de Itabaiana/PB. Disponível em: < http://www.redalyc.org/html/1154/115416770013/>. Acesso em: 20 dez. 2017.

FERNANDES, Djair Roberto. **Uma Visão Sobre a Análise da Matriz SWOT como Ferramenta para Elaboração da Estratégia**. Disponível em: < http://pgsskroton.com.br/seer/index.php/juridicas/article/viewFile/720/700>. Acesso em: 01 jan. 2018.

GOMIDE, Marcia; SCHTZ, Gabriel Eduardo; CARVALHO, Marcia Aparecida Ribeiro de; CÂMARA, Volney de Magalhães. Fortalezas, **Oportunidades, Fraquezas e Ameaças (Matriz FOFA) de uma Comunidade Ribeirinha Sul-Amazônica na perspectiva da Análise de Redes Sociais**: aportes para a Atenção Básica à Saúde. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414462X2015000300222&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 22 dez. 2017.

MATOS, José Gilvomar R.; MATOS, Rosa Maria B.; ALMEIDA, Josimar Ribeiro de. **Análise do Ambiente Corporativo: do caos organizado ao planejamento**. 1. ed. Rio de Janeiro: E-papers, 2007.

REZENDE, Denis Alcides. **Planejamento Estratégico para Organizações: públicas e privadas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2008.

SANTOS, Lucas di Paula Gama dos; MACHADO, Wendell Ramon Barbosa; ANDRADE, Felipe Jeronimo de; DUARTE, Francisco Ricardo, **Aplicação da Análise da Matriz SWOT em uma Fazenda de Uva Situada na Cidade de Petrolina-PE**. In: Anais do XXIII Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru, SP. 09 a 11 de novembro de 2016. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=11>. Acesso em: 02 fev. 2017.

SILVA, Andréia Aparecida da; SILVA, Natalia Salmont da; BARBOSA, Valéria de Almeida; HENRIQUE, Marcelo Rabelo; BAPTISTA, Jose Abel. **A utilização da matriz SWOT como ferramenta estratégica um estudo de caso em uma escola de idioma de São Paulo**. In: Anais eletrônicos do VIII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, Resende, Santa Catarina, 2011. Disponível em: <http://www.aedb.br/seget/artigos11/26714255.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2017.

ANEXOS

Fig. 3 - Parreiral de uva.

Fonte: Autor (2018).

Fig.4 – Entrevistados da pesquisa de campo realizada na Vitivinícola Quintas São Braz.

Fonte: Autor (2018).

CAPÍTULO 5

ANÁLISE ENTRE MÉTODOS DE BENCHMARKING APLICADOS A PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

Data de aceite: 01/07/2021

Viviane Vaz Monteiro
Professora de Graduação da Escola de Engenharia da Puc-GO, e de Pós graduação da BSSP
ID LATTES: 1701589638005636
https://orcid.org/0000-0002-3704-3827

Anselmo Claudino de Sousa
Professor Mestre de Graduação da Escola de Engenharia da Puc-GO
http://lattes.cnpq.br/8249763871920121
https://orcid.org/0000-0002-3569-0422

Lorran Kennedy Rabelo Silva Romano
Graduado em Engenharia Civil pela Puc-GO

Caio Ramos Barbosa
Graduado em Engenharia Civil pela Puc-GO

Solange da Silva
Professora Dra. da Puc-GO na Escola de Ciências Exatas e de Computação; e no Programa de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas da PUC-GO
http://lattes.cnpq.br/4312855865010981
https://orcid.org/0000-0002-9806-2044

Felipe Côrrea dos Santos
Prof Dr. da PUC-GO
ID Lattes: 8785230632435448
https://orcid.org/0000-0003-2420-5708

RESUMO: Os métodos comparativos de desempenho, benchmarking, têm se mostrado importantes no que tange a busca por melhorias da qualidade dos produtos e na prestação de serviços de saneamento básico. nesse artigo compara-se o desempenho dos serviços de saneamento em dez cidades do brasil, através da análise envoltória de dados (dea) e do ranking desenvolvido pelo instituto trata brasil (itb). tanto para a dea quanto para o ranking feito pelo itb utiliza-se os indicadores fornecidos pelo sistema nacional de informações sobre saneamento (snis). nota-se que as metodologias diferentes ocasionam resultados divergentes, evidenciando a complexidade para se chegar a unanimidade quanto às melhores práticas. as abordagens utilizaram diferentes critérios para seleção dos indicadores, fator esse que contribuiu para obtenção de resultados diferentes e abriu espaço para a discussão das melhores práticas dos serviços de saneamento básico no brasil. os resultados mostraram que o método dea bcc é mais eficiente para análise do desempenho operacional dos serviços de saneamento.

PALAVRAS - CHAVE: Benchmarking; saneamento básico; desempenho.

ANALYSIS BETWEEN BENCHMARKING METHODS APPLIED TO THE PROVISION OF BASIC SANITATION SERVICES IN BRAZIL

ABSTRACT: Comparative performance methods, benchmarking, have been important when the search for improvements in product quality and in the provision of basic sanitation services. in this article compare the performance of sanitation services in ten cities in brazil, through data involvement analysis (dea) and the

ranking developed by instituto trata brasil (itb). both for dea and for ranking made by itb use the indicators provided by the national sanitation information system (snis). note that different methodologies cause divergent results, evidenting the complexity to achieve unanimity as to best practices. the approaches used different criteria for the selection of indicators, a factor that contributed to obtain different results and opened space for the discussion of the best practices of basic sanitation services in brazil. the results show that the dea bcc method is more efficient for analysis of the operational performance of sanitation services.
KEYWORDS: Benchmarking; basic sanitation; performance.

1 I INTRODUÇÃO

O mercado exige, cada vez mais, a presença de práticas que sejam inovadoras e eficientes, requerendo das organizações que se mantenham sólidas, em um nicho cada vez mais seletivo, seja com relação a produtos ou serviços. No caso dos serviços prestados pelas empresas de saneamento não é diferente, mesmo tratando-se de um serviço público de interesse local em sua maioria, caracterizadas como monopólio natural, devem aperfeiçoar suas práticas visando alcançar a universalização dos serviços e atender a clientes cada vez mais informados e exigentes quanto à qualidade e custos dos serviços.

Essa realidade exige que as organizações apresentem a capacidade de criar, absorver e assimilar novos conhecimentos e técnicas que aumente sua produtividade e eficiência. Além disso, devem estar abertas à mudanças e ter a capacidade de criar as condições propícias à implementação da inovação pelos seus recursos humanos, otimizando os recursos que possui (POÇAS, 2015). Para garantir a execução das melhores práticas, existem inúmeras ferramentas de gestão da qualidade, entre elas o benchmarking, que é “um processo contínuo e sistemático para avaliar produtos, serviços e processos de trabalho de organizações reconhecidas como representantes das melhores práticas, com a finalidade de melhoria organizacional” (SPENDOLINI, 1994).

Diversos estudos (CASTRO, 2013; CETRULO et al., 2019; e PERTEL, 2016) comparam empresas de saneamento usando benchmarking, demonstrando que esse método é válido para avaliação e análise de empresas desse segmento. Para Berg (2010), o benchmarking é essencial para aqueles que desenvolvem e implementam a política de utilização da água. Além disso, ainda segundo Berg (2010), as operadoras dos serviços de água só podem melhorar aquilo que elas conseguem mensurar. Aplicando para a realidade dos serviços de saneamento, só é possível melhorar o desempenho da operação dos sistemas se variáveis como: vazamentos, qualidade de água, tratamento de esgoto e tarifa dos serviços prestados se eles tiverem desempenhos medidos e conhecidos. Ademais, uma maneira de promover a evolução em tais fatores é comparar o desempenho de diferentes prestadoras de serviço, identificando aquelas com melhores desempenhos e implementando práticas iguais.

O Instituto Trata Brasil (ITB) faz anualmente a classificação dos serviços de

abastecimento de água e esgotamento sanitário nas 100 maiores cidades por meio do *ranking* do saneamento, o que também pode ser considerado como método de benchmarking. Todavia, a metodologia adotada pelo instituto, não considera parâmetros que avaliam diretamente o desempenho operacional das empresas.

Dessa maneira, esse estudo tem como objetivo comparar metodologias tradicionais de benchmarking (DEA – BBC) com a metodologia adotada pelo ITB para construção do *ranking* de saneamento. Para análise serão comparadas as 10 primeiras cidades de acordo com o *ranking* do Trata Brasil, além disso, serão incluídas as cidades de Goiânia e Anápolis, que apresentam os dois melhores desempenhos de saneamento do estado de Goiás.

Espera-se, através dessa comparação, constatar se os resultados de eficiência obtidos através da DEA se aproximam ou distanciam do *ranking* feito pelo Instituto Trata Brasil e identificar as possíveis causas desse resultado. Cabe ressaltar que os métodos consideram diferentes indicadores provenientes do SNIS.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Diante da enorme competitividade presente em todos os mercados da atualidade, faz-se necessário a busca por ferramentas que auxiliem na evolução, tanto na prestação de serviços quanto na fabricação de produtos. Executar com qualidade, planejamento, minimização de perdas e excelência é uma busca incessante no mercado atual. As corporações de sucesso são aquelas que sempre saem na frente quando o assunto é buscar melhorias.

Como grande aliado a esse processo, o Benchmarking, segundo Spendolini (1994) é “um processo contínuo e sistemático para avaliar produtos, serviços e processos de trabalho de organizações que são reconhecidas como representantes das melhores práticas, com a finalidade de melhoria organizacional”. Portanto, pode-se afirmar que é uma ferramenta comparativa contínua, visando reconhecer práticas evoluídas e a partir delas melhorar o processo em uma determinada organização.

As definições de Camp (2002) confirmam as de Spendolini (1994), considerando que benchmarking se refere a um processo contínuo de medição de desempenho de produtos, serviços e práticas em relação aos mais fortes concorrentes, ou às empresas reconhecidas como líderes em seus segmentos.

O método de benchmarking possui numerosos benefícios quando o assunto é a busca pela excelência e produtividade. Essa prática vem sendo utilizada por organizações espalhadas por todo o mundo, já que essas notaram que é vantajosa a utilização da comparação através do benchmarking: tendo tempo, investimento e esforços recompensados (AMBROZEWICZ, 2015).

Para Cox, Mann e Samson (1997), esse instrumento tem como objetivo principal a redução da lacuna de desempenho em relação ao concorrente superior.

Os principais tipos de benchmarking são: métrico, de processos e de pesquisa de clientes. Os demais métodos de benchmarking contemplam a classificação do desempenho em relação a uma empresa padrão (BERG, 2010).

No setor de saneamento, o benchmarking é utilizado para aumentar a responsabilidade, para reduzir custos, conseguir mais com os mesmos recursos e aumentar a qualidade com uma mudança comportamental (BLOKLAND et al., 2010; GUIMARÃES, TEMÓTEO, E MALHEIROS, 2012). Observa-se que a gestão operacional de manutenção dos sistemas de saneamento carece, em geral, de maior atenção e dedicação por parte das concessionárias, sendo usualmente preterida em relação aos investimentos dedicados à ampliação da capacidade hidráulica ou de sua abrangência de cobertura (PERTEL, 2016).

Segundo Berg (2010) o benchmarking é importante no setor da água, no sentido de documentar desempenhos, estabelecer linhas bases de medição da melhoria da produtividade e fazer comparações entre operadores dos serviços. Os *ranking*s das operadoras podem indicar necessidade de elaboração de Políticas, provisão de fundos de investimentos e de subsídios olhando a eficiência de diferentes prestadores, podendo indicar e quantificar provimentos necessários.

Para que se possa realizar um estudo comparativo entre as diferentes operadoras de saneamento existentes, utilizam-se como referência, indicadores operacionais que constam na base de dados do Sistema Nacional de Saneamento (SNIS). O SNIS é a base nacional de dados sobre o setor de saneamento, mantida pela Secretaria Nacional de Saneamento (SNS) dos Ministérios do Desenvolvimento Regional, contendo informações e indicadores relativos a uma série histórica de 23 anos.

Os indicadores, de maneira geral, são importantes para que as metas de uma corporação sejam alcançadas com eficácia. Eles proporcionam que o desempenho da organização seja conhecido em áreas como qualidade, operação, produtividade, estratégias de mercado, inovações e uma série de outros itens. No caso dos serviços de saneamento básico não é diferente. Os desempenhos indicados permitem que as dificuldades sejam conhecidas e que as melhoras possam ser notadas. Dessa forma, a atuação para solução dos problemas se torna mais eficaz, visto que já são conhecidos os pontos que são insuficientes na prestação desse serviço. Além disso, as interferências realizadas apresentam *feedback* aos operadores através dos resultados, nota-se a eficácia ou a ineficácia da atitude tomada.

No âmbito internacional, há crescente utilização de indicadores de desempenho no setor de saneamento para monitorar a prestação, a regulação e o planejamento dos serviços (SPERLING, 2013). Sob o ponto de vista da administração pública, o monitoramento de dados é importante para acompanhar o progresso das ações, melhorar a transparência na prestação de contas e demonstrar os impactos das ações (SCHWEMLEIN, CRONK E BARTRAM, 2016).

3 | METODOLOGIA

O objetivo dessa pesquisa foi comparar os métodos tradicionais de benchmarking (DEA-BCC) com a metodologia adotada pelo ITB para construção do *ranking* de saneamento.

Para desenvolver a pesquisa, foram comparadas as 10 melhores cidades (Franca - SP, Santos – SP, Uberlândia – MG, Maringá – PR, Vitória da Conquista – BA, Cascavel – PR, São José do Rio Preto – SP, Piracicaba – SP, São José dos Campos – SP e Niterói – RJ) classificadas de acordo com o *ranking* do Trata Brasil (ITB, 2019), além disso, foram incluídas as cidades de Goiânia - GO e Anápolis - GO, as quais apresentam os melhores desempenhos de saneamento do estado de Goiás. A seguir são apresentadas as metodologias adotadas pelo ITB e DEA – BCC, conforme apresentado por (CASTRO, 2013).

3.1 Metodologia DEA-BCC

Existe uma grande variedade de métodos de benchmarking, nesse trabalho as análises a serem realizadas serão resultados de um benchmarking métrico total não paramétrico, mais especificamente uma Análise Envoltória de Dados ou *Data Envelopment Analysis* (DEA).

A DEA é uma técnica de programação linear matemática utilizada para medir a eficiência relativa de unidades semelhantes e independentes, denominadas Unidades Tomadoras de Decisão (DMU, da sigla em inglês *Decision Making Units*), a partir dos recursos empregados (*inputs*) e dos produtos gerados (*outputs*) (MARQUES; BERG; YANE, 2009).

Esse método permite identificar um conjunto de DMUs que determina uma fronteira de produção eficiente, bem como medir a ineficiência das unidades fora da fronteira e as taxas de substituição (pesos) que determinam cada região e caracterizam as relações de valores que sustentam a classificação desta região como eficiente (BARBOSA; BASTOS, 2013).

Existe uma série de modelos que possibilitam diversas análises, dentre eles se destacam: o CRS ou CCR, acrograma de Charnes, Cooper e Rhodes (1978) que pressupõe retornos constantes de escala (*constant return to scale*), e o modelo VRS ou BCC desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper (1984), que considera retornos variáveis (*variable returns to scale).*

Em suas formulações matemáticas, o modelo BBC orientado a produtos foi que melhor se enquadrou para os estudos de saneamento. O BCC apresenta rendimentos variáveis de escala ao longo de sua fronteira, admitindo que a produtividade máxima varie em função da escala de produção. Segue expressa a formulação matemática:

$$\text{Maximizar} \quad 1. \sum_{i=1}^{n} v_i\, y_{iK} + v_k,$$

$$\text{sujeito a:} \begin{cases} 2. \sum_{r=1}^{m} u_r\, y_{rJ} - \sum_{i=1}^{n} v_i\, x_{iJ} - v_k \leq 0 \\ 3. \sum_{i=1}^{n} u_r\, y_{rk} = 1 \\ u_r, v_i \geq 0 \end{cases}$$

Onde: y = produtos; x = insumos; u, v = pesos; r = 1,...,m; i = 1,...,n; j = 1,..., N

Para aplicação do modelo foi utilizado o software de análise de envoltória de dados *Frontir Analyst Application*, onde para versão gratuita nos permiti uma análise de 12 DMU's, possibilitando identificar os DMU's de maior e menor eficiência, assim como também as porcentagens de melhorias a serem realizadas em cada indicador para torna-lo eficiente.

A escolha do modelo utilizado nesse estudo é devida à sua melhor adequação ao setor de saneamento conforme indicado por Castro (2013), uma vez que não se pode negar a existência de diversos fatores que podem influenciar a operação das empresas de diferentes portes, como as diferentes topografias, a densidade da população ao longo da rede de distribuição, a qualidade da água captada e as distâncias dos mananciais, por exemplo. Uma possível escolha pelo modelo CCR poderia classificar como ineficientes empresas de grande, ou de pequeno porte, apenas devido à sua escala.

Para a estruturação do modelo DEA, foi utilizada a base de informações disponibilizada pelo Ministério das Cidades, através do SNIS, referente aos serviços de água e esgoto no ano de 2017. As informações utilizadas, disponíveis no SNIS, foram definidas a partir da relação entre as entradas e saídas, visando analisar a relação de causa e efeito entre esses dois processos, ou seja, as informações de entrada são responsáveis pelas saídas, que representam a eficiência do segmento avaliado. Nesse estudo foram avaliados os serviços de água e esgotamento sanitário, para que se possa ter uma melhor avaliação e discussão dos parâmetros e resultados obtidos. Dessa forma, o modelo adotado nesse projeto foi estruturado com 4 saídas ($X_1 \ldots X_4 X_1 \ldots X_4$) e 1 entrada ($Y_1$) para os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, mostrado na Figura 1.

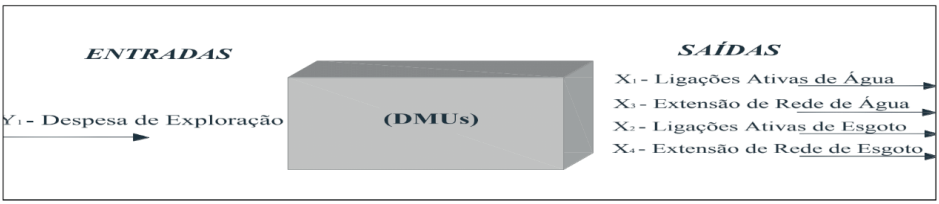


FIGURA 1 – Ilustração da modelagem do problema para os serviços de água.

Fonte: Os autores.

O método é orientado a produtos (saídas) nesse estudo, é coerente devido a necessidade de expansão dos serviços de saneamento visando a universalização, procurando uma forma de aumentar a cobertura dos serviços de água e esgotamento sanitário, mantendo inalteradas as quantidades de insumos empregados no processo produtivo. Os indicadores selecionados possuem informações financeiras e operacionais com grande representatividade na provisão dos serviços de água e esgotamento sanitário, conforme as especificações:

- **Entrada 1** (Y_1) – Despesas de Exploração FN015 (1.000 R$/ano) – representa o valor anual das despesas realizadas para a exploração dos serviços.
- **Saída 1** (X_1) – Quantidade de Ligações Ativas de Água AG002 (unidade) – representa o número de ligações ativas de água á rede pública, provida ou não de hidrômetro.
- **Saída 2** (X_2) – Extensão da Rede de Água AG005 (Km) – representa o comprimento total de malha de distribuição de água.
- **Saída 3** (X_3) – Quantidade de Ligações Ativas de Esgoto ES002 (unidade) – quantidade de ligações ativas de esgoto à rede pública.
- **Saída 4** (X_4) – Extensão da rede de Esgoto ES004 (Km) – representa o comprimento total da malha de coleta de esgoto.

Devido às restrições para versão gratuita do software, *Frontier*, utilizado nesse estudo, o método apresentado foi aplicado apenas para as 10 melhores cidade classificadas no ITB, acrescentando as 2 melhores classificadas cidades Goianas, onde será realizada comparação com a classificação realizada pelo ITB.

3.2 *Ranking* Instituto Trata Brasil

O *ranking* feito pelo ITB leva em consideração várias informações das operadoras de saneamento presentes no SNIS, esse possui defasagem de dois anos e por isso o *ranking* de 2019 utilizou os dados que se referem a 2017. Entre as variáveis utilizadas, estão: população, fornecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, investimentos e perda de água. Esse ranking é feito com os indicadores e suas ponderações de acordo com os indicadores e ponderações apresentadas no Quadro 1.

Grupo	Indicador	Ponderação	
Nível de cobertura	**Água**	**10%**	**60%**
	Indicador Total	*5%*	
	Indicador Urbano	*5%*	
	Coleta	**25%**	
	Indicador Total	*12,5%*	
	Indicador Urbano	*12,5%*	
	Tratamento	**25%**	
Melhora da cobertura	**Investimentos/Arrecadação**	**10%**	**25%**
	Novas Ligações de Água/ Ligações Faltantes*	**5%**	
	Novas Ligações de Esgoto/ Ligações Faltantes*	**10%**	
Nível de Eficiência	**Perdas**	**10%**	**15%**
	Perdas na Distribuição	*5%*	
	Perdas de Faturamento	*5%*	
	Evolução Perdas	**5%**	
	Evolução Perdas na Distribuição	*2,5%*	
	Evolução Perdas de Faturamento	*2,5%*	
Total		**100%**	**100%**

QUADRO 1: Indicadores e ponderações adotadas pelo ITB.
Fonte: ITB, 2019.

A partir desses indicadores e suas ponderações, é dada uma nota para os 100 maiores municípios brasileiros. Em seguida é feita a classificação dos serviços de saneamento entre os municípios analisados sendo, os primeiros, os mais eficazes prestadores de serviço de saneamento.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando os indicadores adaptados através dos estudos de Castro (2013), e com o banco de dados do SNIS, foi montada a Tabela 01, na qual foi fornecida ao software *Frontier* para obtenção dos resultados desse estudo. Tais resultados permitiram obter o ranqueamento das cidades. Os resultados desse *ranking* são comparados com aquele apresentado pelo ITB na Tabela 02.

CIDADES	AG002 (UN)	AG005 (KM)	ES002 (UM)	ES004 (KM)	FN015 (R$/ANO)
FRANCA (SP)	129.236,0	1.516,0	127.421,0	1.250,1	96.469.434,9
SANTOS (SP)	67.711,0	1.399,2	63.874,0	545,2	126.599.125,1
UBERLÂNDIA (MG)	188.973,0	3.211,0	185.861,0	2.576,0	141.456.816,0
MARINGÁ (PR)	127.196,0	1.952,6	109.873,0	1.740,5	110.563.329,2
VITÓRIA DA CONSQUISTA (BA)	94.025,0	1.224,1	80.603,0	665,1	67.225.924,2
CASCAVEL (PR)	96.157,0	1.389,6	85.788,0	1.390,4	80.287.106,3
SÃO JOSÉ DO RIO PRETO (SP)	160.678,0	1.976,0	160.677,0	1.858,0	134.890.612,0
PIRACICABA	146.119,0	1.668,9	141.148,0	1.410,9	170.273.285,1
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	186.275,0	1.290,6	174.916,0	898,0	165.013.220,7
NITERÓI	88.611,0	1.312,0	81.222,0	758,3	257.398.072,2
GOIÂNIA	540.692,0	6.712,6	416.671,0	3.745,5	711.343.535,1
ANÁPOLIS	131.798,0	2.037,0	74.263,0	720,4	108.830.265,7

Tabela 1: Tabela de valores por indicador e cidade.

Fonte: SNIS (2019), adaptado pelos autores.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2 pode-se verificar que existe uma divergência na classificação das cidades quanto ao nível de atendimento dos serviços de saneamento. O que chama a atenção nos dois resultados é que cidades como Cascavel e São José do Rio Preto apresentaram pouca ou nenhuma alteração de suas posições, enquanto Uberlândia, Vitória da Conquista, Goiânia e Anápolis ganharam posições no estudo feito através do DEA. Por sua vez, Franca, Santos, Maringá e Niterói perderam várias posições.

ITB		DEA BCC	
POSIÇÃO	**CIDADE**	**POSIÇÃO**	**CIDADE**
1	FRANCA - SP	1	UBERLANDIA - MG
2	SANTOS - SP	2	GOIÂNIA - GO
3	UBERLÂNDIA - MG	3	VITORIA DA CONSQUISTA - BA
4	MARINGÁ - PR	4	FRANCA - SP
5	VITÓRIA DA CONQUISTA – BA	5	SÃO JOSE DOS CAMPOS - SP
6	CASCAVEL - PR	6	SÃO JOSE DO RIO PRETO - SP
7	SAO JOSÉ RO RIO PRETO - SP	7	ANÁPOLIS - GO
8	PIRACICABA - SP	8	CASCAVEL - PR
9	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP	9	MARINGA - PR
10	NITERÓI - RJ	10	PIRACICABA - SP
18	GOIÂNIA - GO	11	SANTOS - SP
46	ANÁPOLIS - GO	12	NITEROI - RJ

TABELA 2 – *Ranking* ITB e DEA BCC para as cidades escolhidas.

Fonte: Os autores.

Essas mudanças de posição devem-se a abordagem diferenciada utilizada na metodologia DEA, visto que foram utilizados indicadores de cunho operacional, que aferem o desempenho das operadoras analisadas a partir da análise entre os indicadores operacionais e a despesa de exploração que cada empresa teve a oferecer para implantação dos serviços de água e esgoto. O *ranking* do ITB não envolve as despesas na análise e leva em consideração as melhorias realizadas por cada operadora, dessa forma o resultado se mostra mais subjetivo.

Ainda utilizando o *software Frontier Analyst* gerou-se uma porcentagem de desempenho para cada cidade analisada. Esse resultado expressa a eficiência da cidade com base na envoltória de dados, na qual aquelas que se enquadram dentro da envoltória são tidas como eficientes já as que se encontram fora da fronteira criada pela DEA, são consideradas ineficientes. A partir dessa análise, obteve-se a classificação quanto a eficiência, apresentada na Tabela 3:

De acordo com o estudo, as cidades de Uberlândia, Goiânia, Vitória da Conquista,

Franca e Cascavel foram 100% eficientes. As cidades de São José dos Campos e São José do Rio Preto apresentaram média eficiência, acima de 90% e as cidades de Anápolis, Maringá, Piracicaba, Santos e Niterói foram ineficientes, com desempenho abaixo de 90%.

Outra análise importante a ser feita é com relação à porcentagem de melhorias a serem realizadas em cada cidade, para que elas se tornem eficientes, como mostra a Tabela 4.

POSIÇÕES	CIDADES	DESEMPENHO	EFICIÊNCIA
1	UBERLÂNDIA – MG	100,00%	EFICIENTE
2	GOIÂNIA - GO	100,00%	EFICIENTE
3	VITÓRIA DA CONQUISTA – BA	100,00%	EFICIENTE
4	FRANCA – SP	100,00%	EFICIENTE
5	CASCAVEL - PR	100,00%	EFICIENTE
6	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS – SP	91,50%	MÉDIA EFICIÊNCIA
7	SÃO JOSÉ DO RIO PRETO - SP	90,60%	MÉDIA EFICIÊNCIA
8	ANÁPOLIS - GO	89,50%	INEFICIENTE
9	MARINGÁ - PR	89,00%	INEFICIENTE
10	PIRACICABA – SP	71,50%	INEFICIENTE
11	SANTOS – SP	49,70%	INEFICIENTE
12	NITERÓI – RJ	34,90%	INEFICIENTE

TABELA 3 – *Ranking* com as porcentagens de desempenho gerado pelo software.

Fonte: Os autores.

Pode-se observar através que o software igualou as despesas de exploração, para então, através de um mesmo investimento realizado, se chegue à cidade que melhor atende com os serviços de saneamento e, ao mesmo tempo, dando os valores do quanto às outras cidades precisam melhorar em números para atingir o mesmo nível de eficiência.

CIDADES	AG002	AG005	ES002	ES004	FN015
ANÁPOLIS	11,70%	14,80%	88,00%	141,00%	0,00%
CASCAVEL	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
FRANCA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
GOIÂNIA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
MARINGÁ	12,40%	17,90%	23,80%	12,40%	0,00%
NITERÓI	194,00%	199,00%	186,60%	271,10%	0,00%
PIRACICABA	41,50%	103,00%	39,90%	86,80%	0,00%
SANTOS	151,00%	101,10%	158,00%	302,40%	0,00%
SÃO JOSÉ DO RIO PRETO	12,20%	50,00%	10,40%	28,20%	0,00%

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	9,30%	160,00%	11,70%	192,20%	0,00%
UBERLÂNDIA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
VITÓRIA DA CONQUISTA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

TABELA 4 – Percentual de melhorias a serem realizadas por indicador/cidade.

Fonte: Os autores.

Para que todas as cidades alcancem a eficiência total, é necessário que ocorra aumentos em alguns indicadores, um exemplo seria Anápolis, para que a prestação dos serviços de saneamento esteja próxima da máxima eficiência, é preciso que ocorra um aumento de 11,70% na quantidade de ligações ativas de água, assim como também 14,80% na extensão de rede de água, 88% no número de ligações ativas de esgotamento sanitário e 141% na extensão de rede de coleta de esgoto. A classificação de Anápolis foi a que apresentou maior discrepância na comparação realizada. De acordo com a DEA, foi a sétima colocada e ficou próxima do patamar das cidades eficientes com 89,5% de desempenho.

Um destaque importante é a cidade de Santos, que no *ranking* do ITB apareceu em 2° lugar e já no *Frontier Analyst* ficou em 11°, de acordo com a DEA, essa cidade apresentou desempenho bem abaixo do esperado, ocupando apenas a décima primeira posição com desempenho de 49,7%. Isso nos mostra o quão fora pode estar os resultados do Trata Brasil, visto que para Santos se tornarem de alta eficiência deveria ter aumentos significativos no número de ligações e extensão de rede, tanto para água quanto para esgoto, conforme apresentado na Tabela 4.

As divergências entre os métodos analisados ilustram a diferença no critério de avaliação das duas metodologias. A DEA realizada de acordo com uma adaptação dos indicadores selecionados por Castro (2013) apresenta caráter de desempenho. Esses são dados que representam principalmente a eficiência das operadoras de saneamento, principalmente quando submetidos a uma Análise Envoltória de Dados. O ITB utiliza indicadores com caráter de informações e a sua metodologia valoriza itens como melhorias, arrecadação e novas ligações, conforme os pesos indicados no Quadro 1 tal método pondera os seus indicadores fazendo com que a análise se torne uma mensuração de melhorias e não necessariamente de desempenho.

5 I CONCLUSÕES

Ao se comparar o *ranking* gerado a partir da DEA e o realizado pelo ITB nota-se a diferença quanto à classificação de algumas cidades. Muito se deve as distinções apresentadas pelas duas metodologias, DEA e o *ranking* do ITB. Porém, acredita-se que a maior influência no distanciamento dos *ranking*s provém do uso de diferentes indicadores.

Tal fato põe em discussão quais seriam os indicadores mais eficientes para medir desempenho na área de saneamento. A seleção dos indicadores tem caráter decisivo na obtenção dos resultados. A partir deles, é possível chegar a diferentes conclusões e enriquecer ainda mais a busca por melhorias na prestação do serviço em pauta, tendo em vista a sua enorme importância social, de saúde e qualidade de vida.

Como o saneamento básico é um serviço diretamente ligado às realidades sociais, a análise de desempenho tem importante função fiscalizadora e por isso devem retratar a realidade vivida pelas pessoas em cada cidade. Só assim é possível identificar pontos que podem e devem ser melhorados para elevar a qualidade de vida de uma sociedade ainda carente de infraestrutura básica.

REFERÊNCIAS

AMBROZEWICZ, P. H. L. **Gestão da qualidade na administração pública: histórico, PBQP, conceitos, indicadores, estratégia, implantação e auditoria.** São Paulo: Atlas, 2015.

BARBOSA, R.; BASTOS, A. **Utilização da análise por envoltória de dados (DEA) na mensuração da eficiência das prestadoras de serviços de água e esgotamento sanitário: um enfoque no desempenho da companhia de saneamento do estado do Pará (COSANPA).** Belo Horizonte: Revista Economia e Gestão, 2014. v. 14, n. 35, p. 158-163.

BERG, S. V. **Water Utility Benchmarking: Measurement, Methodologies and Performance Incentives.** IWA Publishing. London, UK. 2010.

BLOKLAND, M.; SCHOUTEN, M.; SCHWARTZ, K. **Rejuvenating a Veteran Benchmarking Scheme: Benchmarking in the Dutch Drinking Water Sector.** Competition and Regulation in Network Industries, Volume 11, No. 2, 2010.

CAMP, R. C. **Benchmarking: o caminho da qualidade total; identificando, analisando e adaptando as melhores práticas da administração que levam à maximização da performance empresarial.** 3ª ed., São Paulo-SP, Ed. Pioneira Thomson Learning, 2002. 250 p.

CASTRO, C.E.T. **Avaliação da eficiência gerencial de empresas de água e esgotos brasileiras por meio da envoltória de dados (DEA).** Rio de Janeiro, 2013. p. 62.

CETRULO, T. B.; SANTIL, A. D.; MARQUES, R. D. R. C.; MALHEIROS, T. F. **Benchmarking de desempenho entre operadoras de água e esgoto em nível de bacia hidrográfica.** In book: Engenharia Ambiental e Sanitária: Interfaces do Conhecimento 2. Edition: 2nd, Chapter: 16, Publisher: Editora Atena, pp. 194-202, 2019.

COX, J. R. W.; MANN, L.; SAMSON, D. **Benchmarking as a Mixed Methaphor: disentangling assumptions of competition and collaboration**. Journal of Management Studies, Oxford, v. 34, n. 2, p. 285-314, mar. 1997.

GUIMARÃES, E; TEMÓTEO, T; MALHEIROS, T. **Benchmarking aplicado às Revisões Tarifárias do Saneamento.** Revista DAE. N. 192, p. 34-47, maio-agosto 2013.

ITB – INSTITUTO TRATA BRASIL. ***Ranking* do Saneamento 2019.** Disponível em http:\\www.tratabrasil.org.br/estudos/estudos-itb/ranking-do-saneamento. Acesso em: 15 de nov. 2019.

MARQUES, R.C.; BARG, S.; YANE, S. **Perfomance benchmarking analysis of japanese water utilities.** Conference, 2011. p. 6.

MARTINS, S.; SANTOS, A.; CARVALHO, L. **O benchmarking e sua aplicabilidade em unidades de informação: uma abordagem reflexiva.** Natal, RN. 2010.

PERTEL, M.; AZEVEDO, J. P.; JUNIOR, I. **Uso de indicadores de perdas para seleção de um benchmarking entre as companhias estaduais de serviço de distribuição de água no Brasil.** Revista Eng Sanit Ambient. V. 21, N. 1, p. 159-168, janeiro-março 2016.

POÇAS, V. M. A. **O contributo da inovação para a competitividade das organizações Estudo de caso.** Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Porto, 2015.

RÉUS, G. M. **Benchmarking competitivo em uma empresa líder no segmento de temperos e condimentos do sul de Santa Catarina.** Criciúma, SC. 2016.

SCHWEMLEIN, S. M., CRONK, R., BARTRAM, J. **Indicators for Monitoring Water, Sanitation, and Hygiene: A Systematic Review of Indicator Selection Methods.** In: International Journal of Environmental Research and Public Health 13(3)· March, 2016.

SEIBEL, S. **Um modelo de benchmarking baseado no sistema produtivo classe mundial para avaliação de práticas e performances da indústria exportadora brasileira.** Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 2004.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES DE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto 2017.** Disponível em http:\\www.snis.gov.br. Acesso em: nov, 2019.

SPENDOLINI, M. J. **Benchmarking.** 1ª ed. Makron Books do Brasil, São Paulo, 1994.

TEIXEIRA, G.; MACCARI, E.; RUAS, R. **Proposição de um plano de ações estratégicas para associações de alunos egressos baseado em benchmarking internacional e no Brasil.** Revista de Ciências da Administração. V. 16, N. 40, p. 208-220, dez, 2014.

CAPÍTULO 6

ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS E DO POTENCIAL DE CRESCIMENTO DOS BANCOS DIGITAIS POR MEIO DE FERRAMENTAS DO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

Data de aceite: 01/07/2021
Data de submissão: 13/05/2021

Luis Henrique de Oliveira Ribeiro
Universidade Veiga de Almeida
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro
http://lattes.cnpq.br/3553771519017602

Marina Fernandes Sodré
Universidade Veiga de Almeida
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro
http://lattes.cnpq.br/0169334762748897

Carlos Roberto Falcão de Albuquerque Junior
Universidade Veiga de Almeida
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro
http://lattes.cnpq.br/8787053858980626

RESUMO: Diante de evoluções tecnológicas de grande importância e uma forte crise econômica no Brasil, os bancos virtuais vêm se consolidando e atraindo cada vez mais clientes. Devido a isso, este trabalho busca entender essa nova realidade, além de compreender as características e potencial de crescimento dos bancos digitais através de análises da Matriz SWOT, Forças Competitivas de Porter e Modelo de Negócio CANVAS. Para isso, foram tabulados dados e analisadas as características de seis bancos digitais. Notam-se particularidades marcantes que se repetem, como anuidade gratuita, serviços adicionais e transferências ilimitadas, o que pode explicar o motivo do sucesso dessas organizações. Com isso, espera-se compreender qual banco digital oferece o melhor custo x benefício e apontar vantagens e desvantagens em comparação com os bancos tradicionais.

PALAVRAS - CHAVE: Banco digital; Análise SWOT; Forças de Porter; Modelo de Negócio CANVAS.

ANALYSIS OF DIGITAL BANKS' CHARACTERISTICS AND GROWTH POTENTIAL THROUGH STRATEGIC PLANNING TOOLS

ABSTRACT: Before technological developments of great importance and a strong economic crisis in Brazil, virtual banks are consolidating and attracting every customer. Due to this, this job seeks to understand this new reality, besides comprehend the characteristics and potential growth of digital banks through analysis such as SWOT Matrix, Porter's Competitive Forces and CANVAS Business Model. For that, data was tabled and the characteristics of six digital banks were analysed. Marking particularities are repeated as free annual, additional services and unlimited transfers, which can explain the reason for the success of that organizations. With this, it is expected to understand which digital bank offers the best cost x benefit and point out advantages and disadvantages in comparison with traditional banks.

KEYWORDS: Digital bank; SWOT Matrix; Porter's Forces; CANVAS Business Model.

1 | INTRODUÇÃO

O sistema bancário sempre foi uma necessidade para a sociedade. Operações de crédito, empréstimos e investimentos são essenciais para a manutenção do nosso sistema financeiro (FURTADO; MENDONÇA, 2020). No entanto, assim como nossas relações e avanços, esse sistema também sofreu diversos impactos, principalmente pelo desenvolvimento da tecnologia. Entender como usá-la a seu favor demorou um pouco, mas hoje busca-se, urgentemente, mover todos os serviços, que só se encontravam fisicamente em uma agência, para plataformas digitais.

Atualmente, a popularização dos bancos digitais tem dado uma força única e essencial para a manutenção desta realidade. De acordo com Pacheco (2019), com o dinamismo da vida moderna, ter um ponto físico para resolver problemas já não é mais uma atração, pois busca-se agilidade, acessibilidade e eficiência nas relações entre usuário e banco, características que estão presentes e são bem exploradas nos bancos virtuais. Assim, resolver tudo por um aplicativo, ter informação a qualquer hora e atendimento de qualidade, sem espera em filas, vem consolidando esses bancos como uma ótima escolha entre os correntistas.

Aliado a isso, a evolução da tecnologia e da *internet* proporciona mais acessibilidade para a população, de forma a trazer benefícios para as contas virtuais, que hoje em dia ainda estão concentradas na população jovem de classes A e B. Dessa maneira, com a tecnologia participando mais das vidas das pessoas, o negócio dos bancos virtuais tende a crescer, pois mais indivíduos conhecerão esse novo mercado (LAVADO, 2019).

Esse crescimento pode ser comprovado com uma pesquisa encomendada pela BoostLAB (2020), a qual usa como fonte a Federação Brasileira de Bancos (FEBRABAN), que é a principal entidade representativa do setor bancário brasileiro, em que houve um aumento do número de bancos digitais de 147% na comparação 2017 x 2018, e um dos principais motivos desse crescimento é a economia com taxas de manutenção de contas, apontado por 53,7% dos brasileiros que já adotaram contas digitais como principal razão para a troca. Ademais, a *Fisher Report* (2019) apontou que 2,5 bilhões foram investidos em bancos digitais ao redor do mundo, apenas no primeiro semestre de 2019, demonstrando a força de crescimento dessas instituições.

Portanto, uma das principais tendências no setor é a ampliação na oferta de canais de distribuição de seus serviços. Contar com mais mobilidade, ter atendimento personalizado, gerir suas finanças com mais liberdade e pagar menos tarifas atrai parcela significativa de clientes, que antes só conheciam o banco tradicional. Além disso, ainda há vantagens para as instituições, como: melhor relacionamento com o cliente, menor índice de abandono e maior capacidade de investimentos e organização (BADER, 2006).

Diante disso, esse trabalho se faz importante por abordar um tema atual e relevante em nossa sociedade, o qual impacta milhões de pessoas que utilizam os serviços

bancários. Além disso, tem como objetivo principal entender essa nova realidade e analisar, por meio da Matriz SWOT, Forças Competitivas de Porter e Modelo de Negócios CANVAS, as características e o potencial de crescimento, evidenciando as principais vantagens, desvantagens e desafios enfrentados pelos bancos virtuais.

2 I REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Segnini (1999), as instituições financeiras representam os maiores centros comerciais do Brasil. Dessa forma, os bancos comerciais são instituições desse tipo, que possuem o objetivo de suprir os recursos necessários para o financiamento, dando como exemplo o comércio, a indústria, as pessoas físicas e as empresas em geral (SIEGL et al, 2018).

Além disso, o Bacen - Banco Central do Brasil (2020) afirma que banco é uma instituição financeira especializada em intermediar o dinheiro entre poupadores e aqueles que precisam de empréstimos, além de guardar esse capital. Cabe ser ressaltado que o Sistema Financeiro Nacional (SFN) depende de um sistema bancário eficiente para manter sua estabilidade e solidez.

A digitalização dos bancos começou de forma lenta e gradual, em que os bancos tradicionais começaram a mordernizar seus serviços. A partir disso, surgiram os bancos híbridos, em 2009, que utilizavam mais tecnologia para oferecer serviços de maior qualidade, originando, anos mais tarde, os bancos totalmente virtualizados, que possuem o propósito de oferecer serviços de qualidade com agilidade e transparência (LIPTON; SHRIER; PENTLAND, 2016).

Com isso, a estabilidade dos bancos tradicionais começou a ser afetada e os próprios consumidores passaram a questionar e cobrar serviços melhores. Nesse cenário, os bancos digitais conquistaram muitos deles pelos benefícios, praticidade e interatividade na abertura das contas e no relacionamento com os clientes, gerando uma mudança significativa no mercado bancário brasileiro (FURTADO; MENDONÇA, 2020).

Nesse sentido, os bancos digitais necessitam e estão em constante reavaliação da qualidade e diferenciais de seus serviços, pois, com o crescimento acelerado desse mercado, diversos concorrentes estão surgindo, como o banco N26, da Alemanha, e o C6 Bank, fundado por ex-executivos do BTG Pactual. Dessa maneira, tanto os clientes que já possuem conta digital há mais de um ano, quanto os mais recentes, enxergam maior valor nos serviços ofertados por esses bancos, já que eles fazem questão de transparecer seus esforços em busca de mais qualidade e menos custos para o consumidor (PACHECO, 2019).

3 | METODOLOGIA

Este trabalho é um estudo exploratório das principais características dos bancos virtuais visando a análise do planejamento estratégico com a finalidade de proporcionar maior familiaridade com esse cenário atual. Ele teve início com uma pesquisa qualitativa de seis bancos a fim de se obter um levantamento de suas diferenças e similaridades, sendo alguns desses dados retirados dos sites das próprias instituições e outros obtidos pela experiência dos autores como clientes. Vale ressaltar que, por ser um tema recente, ainda não existe uma variedade de artigos científicos, motivo pelo qual utilizou-se fontes jornalísticas, como G1 e Correio Braziliense, para complementar o estudo.

Dessa forma, a coleta de dados teve como objetivo apresentar as principais características dos bancos virtuais. Após isso, foram desenvolvidos a matriz SWOT, com o objetivo de analisar os ambientes interno e externo desses bancos, a análise das Forças de Porter, buscando evidenciar os principais entrantes potenciais, substitutos, clientes, fornecedores e concorrentes, baseado no cenário atual. De forma complementar, foi criado um Modelo de Negócios do tipo CANVAS para a visualização clara e objetiva de sua estrutura de negócio, que se justifica pelo detalhamento de cada categoria presente em uma empresa desse nicho de mercado.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico serão evidenciados alguns bancos virtuais e as principais diferenças entre eles, assim como as análises da matriz SWOT e das Forças Competitivas de Porter, através de suas características.

4.1 Coleta de Dados

O presente estudo foi iniciado a partir da coleta dos dados de seis bancos virtuais: Verde, Amarelo, Preto, Azul, Laranja e Roxo, buscando similaridades e diferenças, possibilitando realizar as análises subsequentes. O foco foram as características do cartão de crédito e da conta corrente. Todos os dados coletados encontram-se na Tabela 1.

Nessa tabela é possível observar as principais diferenças entre cada banco virtual e evidenciar os principais critérios que serão utilizados nas análises subsequentes. Comparando os bancos Preto e Amarelo, vê-se que o banco Preto é o único a cobrar anualidade na conta corrente, além de possuir transferências ilimitadas pelo período de um ano, apenas. Por outro lado, o Amarelo não cobra anualidade e possui transferências ilimitadas, sem restrições, sendo uma melhor opção para pessoas que estejam à procura de serviços 100% gratuitos.

Além disso, o banco Roxo apresenta um dos melhores pacotes de benefícios, ficando atrás apenas no quesito saque, se comparado com o Laranja e Amarelo. Também pode-se observar certa desvantagem competitiva encontrada pelos bancos que não

possuem transferências ilimitadas, pois, mesmo com o surgimento do PIX, que reduziu a necessidade por transferências comuns, ainda existem pessoas que utilizam as antigas transferências, seja por desconfiança da nova ferramenta ou por utilizar mais de uma conta bancária, visto que só é possível cadastrar as chaves em uma das contas.

Não obstante, é importante mencionar que as transferências comuns ainda podem ser úteis como forma de pagamento a serviços informais e funcionários de empresas em geral. Com isso, os bancos Verde e Azul, que possuem apenas uma transferência gratuita no mês, se encontram em desvantagem competitiva se comparados com os demais.

Características Cartão de Crédito	Banco Verde	Banco Amarelo	Banco Preto	Banco Azul	Banco Laranja	Banco Roxo
Anuidade	Grátis	Grátis	Grátis	Grátis	Grátis	Grátis
Internacional	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Bandeira	Visa	MasterCard	MasterCard	Visa	MasterCard	MasterCard
Taxa de Juros	-	5,7% a 14,7%	-	-	7,70%	14%
Serviços Adicionais	Sim: Descontos em aplicativos de transporte, cinema, restaurantes etc	Sim	Sim	Não	Sim	Sim: Programa de fidelidade pago
Características Conta Corrente						
Conta Corrente	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Anuidade	Não	Não	12,90/mês ou 154,80/ano	Não	Não	Não
Transferência	1 TED/DOC de graça por mês e tranferência para Banco Verde ilimitada	Transferências ilimitadas	Transferências ilimitadas por um ano	1ª Tranferência no mês de graça e as demais 3,90	Transferências ilimitadas	Transferências ilimitadas
Saque	Grátis no ATM Verde e Banco 24h	Grátis no Banco 24h	Grátis por um ano nos caixas eletônicos do Banco Preto e Banco 24h	1º saque do mês na rede 24h é grátis. Demais saques 6,90	Grátis do Banco 24h	6,50 por saque no Banco 24h
Depósito	-	-	-	1º depósito do mês via boleto é de graça e os demais 2,90	Depósito via boleto de graça	Depósito via boleto de graça

TABELA 1 - Tabela de comparação de dados.

Fonte: Autores (2020).

Dessa forma, através da Tabela 1, é possível estabelecer um *rank* entre os seis bancos, utilizando como principal critério a disponibilidade de serviços gratuitos, do mais bem ranqueado para o menos, respectivamente: Laranja; Amarelo; Roxo; Verde; Preto; Azul.

4.2 Análise SWOT

A análise do cenário atual é de fundamental importância para entender como os bancos virtuais encontram-se atualmente, buscando identificar de que forma os ambientes interno e externo podem influenciá-los na conquista de seus objetivos.

4.2.1 Análise do Ambiente Interno

De acordo com a Figura 1, na página seguinte, os principais pontos fortes são a anuidade zero no cartão de crédito e conta corrente e a facilidade em abrir ou cancelar contas, além de proporcionar um atendimento interativo com o cliente, através dos *chats* no

aplicativo e em redes sociais. Estas características merecem destaque devido à carência dos bancos tradicionais em oferecer esses três serviços com qualidade, sendo um grande diferencial para os bancos digitais.

Por outro lado, a falta de caixas eletrônicos, para saques gratuitos, e a disponibilidade de apenas uma única bandeira para os cartões de crédito são fatores que afastam, dos bancos digitais, alguns dos clientes antigos dos bancos tradicionais, pois estes preferem continuar com os benefícios obtidos ao longo do tempo com o uso dos cartões. Além disso, a falta de uma agência física restringe seu público para pessoas mais jovens que possuam acesso à tecnologia e saibam manusear os aplicativos.

4.2.2 Análise do Ambiente Externo

Segundo Ribeiro (2019), é inegável a existência de uma nova geração de consumidores mais digital e dinâmica, sendo uma das oportunidades de crescimento dos bancos digitais, assim como trabalhar com mais bandeiras de cartões iria atrair mais clientes. Além disso, a evolução da internet aumenta o potencial de crescimento dos bancos virtuais, visto que, de acordo com Silveira (2020), que tem como base a pesquisa feita pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2018, 25% da população ainda não tem acesso a este recurso, havendo grandes chances de crescimento conforme a internet se desenvolve para um recurso cada vez mais acessível. A insatisfação dos clientes com os bancos tradicionais também possibilita uma migração para os virtuais, que prometem serviços melhores.

As ameaças que podem ser ressaltadas são a crise econômica, por reduzir a capacidade do banco de fazer novos empréstimos para pessoas e empresas, já que o ritmo de circulação do dinheiro está menor, segundo Bacen (2020). O Banco Central (BC) ainda afirma que para serem reguladas as empresas precisam movimentar a partir de R$ 500.000.000,00 por ano e passar por um processo de autorização, caso contrário é necessário fazer parceria com um banco para oferecer os serviços, adesão dos bancos tradicionais ao digital, uma vez que eles possuem mais tempo de mercado, além de uma cartela de clientes maior.

Forças	Fraquezas
Facilidade de abertura de conta	Só atende uma bandeira
Cartão de crédito com anuidade zero	Não possui caixa eletrônico
Transferência gratuita para outros bancos	Não possui agência física
Interatividade no atendimento	Poucos produtos/serviços
Cartões internacionais	
Presença forte na internet e redes sociais	
Oportunidades	**Ameaças**
Nova geração de consumidores	Crise econômica
Trabalhar com mais bandeiras	Dificuldade de regulamentação pelo Banco Central
Incentivos fiscais	Adesão dos bancos tradicionais ao digital
Fácil acesso à internet	Alta taxa de inadimplência no Brasil
Bancos físicos com muita reclamação	Surgimento de outros bancos digitais

FIGURA 1- Análise SWOT.

Fonte: Autores (2020).

4.3 Forças Competitivas de Porter

As Cinco Forças Competitivas de Porter analisadas foram: entrantes potenciais, produtos substitutos, poder de persuasão dos clientes, poder de persuasão dos fornecedores e os concorrentes.

Percebe-se, atualmente, muitos bancos tornando-se digitais, inclusive bancos físicos criando contas digitais, o que pode gerar uma debandada de clientes dos bancos virtuais para as instituições bancárias tradicionais, que têm se modernizado, sendo considerados entrantes potenciais no mercado bancário digital. No entanto, o único substituto do banco virtual seria o banco físico, configurando um fator positivo para o virtual. Além dos bancos tradicionais, os bancos digitais enfrentam forte concorrência de outros bancos virtuais, principalmente por possuírem, muitas vezes, benefícios similares, como mostrado na Tabela 1. Entretanto, um desses bancos, que não possua gratuidade na conta corrente, como o banco Preto, já está em grande desvantagem competitiva se comparada com os bancos Roxo e Laranja, por exemplo. Portanto, os maiores diferenciais entre cada um desses bancos digitais são os benefícios oferecidos e a qualidade deles.

Os clientes têm certo poder de negociação com os bancos digitais, que são abertos a pedidos e personalização de serviços, tais como aumento do limite de crédito, flexibilidade ao pagar uma fatura existente e, no caso do banco Roxo, existem três opções de depósito: através de um boleto, por TED ou DOC, e trazendo o salário para a conta através da portabilidade. Por outro lado, os bancos digitais possuem fornecedores para materiais de escritório, em que é realizada a compra de maquinário, papel, artigos de limpeza e alimentos. Dessa maneira, os bancos digitais possuem forte poder de negociação, pois, caso esses itens tenham seu preço elevado, basta trocar de fornecedor, considerando que atualmente existem inúmeros fornecedores de qualidade para os materiais citados.

Outro fornecedor, este com impacto maior sobre o *core business* dos bancos digitais, são as empresas de Tecnologia da Informação (TI), que fornecem toda a tecnologia e suporte necessários para os bancos atenderem seus clientes. O poder de negociação dos bancos digitais em relação às empresas de TI é elevado, todas as ferramentas solicitadas para atuar nos aplicativos deverão estar presentes e funcionar da maneira exigida, pois, nos dias atuais, existem diversas empresas de TI dedicadas a entregar a qualidade exigida pelo contratante, em que a tendência é o aumento de empresas neste ramo nos próximos anos. Isso também possibilita que essas empresas de TI elevem o preço de seus serviços, visto que o valor agregado desses serviços tem aumentado, de forma a equilibrar o poder de negociação com os bancos digitais (SANTOS, 2019).

De acordo com o Quadro 1, as notas atríbuidas às Forças de Porter quando somadas chegam a 14, que dividido por 5 (número de forças), gera uma nota média igual a 2,8. Com isso, é possível concluir que o negócio dos bancos virtuais, nos dias de hoje, é de ruim a regular, pois está entre as notas 2 (ruim) e 3 (regular). No entanto, está mais próximo de ser considerado um negócio regular em relação à concorrência do mercado financeiro.

	Péssimo (1)	Ruim (2)	Regular (3)	Bom (4)	Excelente (5)
Entrantes potenciais		x			
Substitutos				x	
Clientes		x			
Fornecedores			x		
Concorrentes		x			

Quadro 1 - Cinco Forças Competitivas de Porter.

Fonte: Autores (2020).

4.4 Modelo de Negócios

Foi elaborada uma estrutura de modelo de negócios conhecida como CANVAS, de acordo com a Figura 2, em que as principais parcerias existem com as bandeiras dos cartões, já que elas são responsáveis pelos benefícios dos programas de fidelidade, e com as empresas de TI, pois estas fornecem todo o suporte necessário para proporcionar qualidade nos serviços oferecidos ao cliente.

Com isso, as atividades-chave são o atendimento diferenciado ao cliente, que atrai o público jovem pela linguagem informal utilizada nas redes sociais e no próprio aplicativo. A fabricação de cartões personalizados, a cobrança de taxas de juros e a concessão de crédito também são atividades importante, visto que 52 milhões de pessoas no Brasil utilizam este recurso, segundo SPC Brasil (2015).

Dessa forma, as ofertas de valor variam um pouco de acordo com cada instituição, mas no geral são: 100% digital, pois não possuem agência física; sem anuidade alguma,

benefício que atrai muitos clientes; design prático e funcional, inclusive no cartão de crédito; atendimento bastante satisfatório, rápido e eficiente; e praticidade no sentido de que os usuários não precisam sair do conforto de suas casas ou de onde estiverem para resolver problemas.

Assim, o relacionamento com o cliente na maioria das empresas analisadas é bem avaliado pelas pessoas e acontece da seguinte forma: possuem SAC para resolver eventuais problemas; possibilitam a linguagem informal com seus clientes; *chat* diretamente no aplicativo; possuem redes sociais que auxiliam no feedback de como a instituição está sendo avaliada; site próprio informando todos os benefícios e cobranças, caso haja; e atendem pessoas pelo telefone, caso seja necessário.

No entanto, o único canal de venda utilizado por essas instituições digitais são os aplicativos, visto que ainda não existem outros meios para realizar tal atividade. Nesse sentido, os segmentos de clientes dessas empresas se limita a jovens de classe A ou B, que possuem smartphone para acessar os aplicativos, além de atrair estabelecimentos comerciais que possuem interesse em abrir uma conta mais econômica e vantajosa para seu negócio.

Essas instituições financeiras possuem custos com os funcionários contratados, investimento em tecnologia, marketing (emissoras e YouTube) e com a emissão dos cartões fabricados, sendo importante mencionar que suas fontes de receitas são obtidas com o financiamento de faturas, ou seja, com as taxas de juros e operações de crédito, em que as empresas recebem uma porcentagem sobre cada transação.

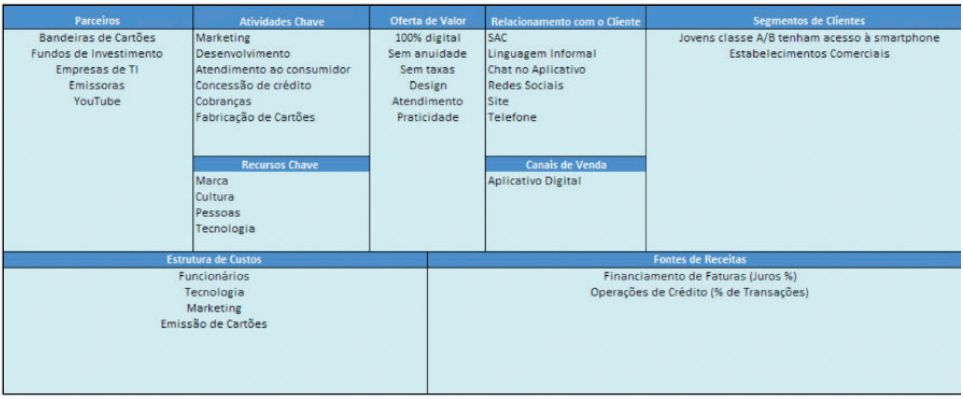


Figura 2 - Modelo de Negócios.

Fonte: Autores (2020).

5 | CONCLUSÕES

A partir das análises realizadas neste trabalho, foi possível concluir que os bancos digitais apresentam elevado potencial de crescimento e consolidação no mercado bancário, porém sofrem com a concorrência de bancos virtuais emergentes e com a modernização dos tradicionais, sendo um desafio para os próximos anos. Dessa forma, apesar de haver pontos negativos, nota-se que os positivos, como isenção de anuidade, atendimento ágil e eficiente, aliado com as facilidades do meio digital, têm se sobreposto a problemas como a falta de caixa eletrônico próprio e ter apenas uma única bandeira de cartão, o que tem feito até mesmo os bancos com agência física migrarem para plataformas virtuais e fazerem uso de aplicativos que atraem mais clientes para o negócio.

No entanto, nota-se que ainda é uma realidade mais jovial e pessoas de maior idade não são seu público-alvo pela resistência e falta de confiança à internet, ainda mais quando se trata de operações bancárias, como mostra o Modelo de Negócio CANVAS, na Figura 2. Esse modelo também confirma a necessidade de parcerias com empresas de TI, uma vez que a tecnologia é um dos recursos-chave para os bancos digitais.

Com relação à SWOT, é importante destacar que as transferências gratuitas não são mais uma força de grande impacto devido ao surgimento do PIX, porém a gratuidade no cartão e conta corrente ainda atraem muitas pessoas. Além disso, a evolução da internet em conjunto com uma nova geração de consumidores favorece os bancos digitais e possibilita prever o crescimento dessas instituições ao longo dos anos, embora elas devam se atentar à concorrência que também tende a crescer, principalmente a que envolve a modernização dos bancos tradicionais, já que possuem uma cartela de clientes sólida e antiga.

Também vale ressaltar que o negócio dos bancos virtuais, nos dias atuais, é considerado de ruim a regular, devido à média de 2,8 evidenciada no Quadro 1. Esse resultado foi obtido com a análise das Forças de Porter, tendo como principais fatores o número de potenciais entrantes, que aumenta devido ao crescimento desse mercado, em conjunto com os concorrentes existentes na atualidade, possibilitando ao cliente maior poder de negociação com essas empresas.

É inegável que os bancos e sua relação com os clientes já melhoraram bastante, mas ainda há muito a aperfeiçoar. A transformação digital e a Indústria 4.0, que vêm sendo discutidos globalmente, confirmam que o modelo dos bancos virtuais é algo a ser seguido, pois alinha tecnologia com praticidade, duas características que vêm sendo requisitadas pelo mundo moderno.

Com isso, este trabalho traz como principal contribuição a comparação entre banco digital e tradicional, possibilitando ao leitor compreender mais sobre o cenário atual, além de ter acesso aos benefícios oferecidos por cada um dos seis bancos. Além disso, este estudo contribui para futuros trabalhos que desejem abordar este mesmo tema, visto que ainda não existem muitas pesquisas científicas sobre ele.

REFERÊNCIAS

BACEN - Banco Central do Brasil. **O que é banco (instituição financeira)**, 2020. Disponível em: https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/bancoscaixaseconomicas. Acesso em: 22 maio 2020.

BADER, Marcos. **Banco Virtual. Marketing**, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 25-29, ago. 2006.

BOOSTLAB. **A revolução dos bancos digitais 2020**. Rio de Janeiro: BTG Pactual, 2020.

FISHER Report. **Bancos digitais: Panorâma atual e tendências**, 2019.

FURTADO, Estevam de Oliveira; MENDONÇA, Vítor Lobo Arruda de. **Dinâmica competitiva entre bancos tradicionais e bancos digitais no Brasil**: Uma perspectiva do cliente. 2020. 151 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Inter. Disponível em: <https://www.bancointer.com.br/>. Acesso em: 28 nov 2020.

LAVADO, Thiago. **Uso da internet no Brasil cresce, e 70% da população está conectada. G1**, 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/tecnologia/noticia/2019/08/28/uso-da-internet-no-brasil-cresce-e-70percent-da-populacao-esta-conectada.ghtml>. Acesso em: 05 dez 2020.

LIPTON, Alex; SHRIER, David; PENTLAND, Alex. ***Digital banking manifesto: The end of banks?*** *Massachusetts Institute of Technology*, 2016.

SILVEIRA, Daniel. **Em 2018, quase 46 milhões de brasileiros ainda não tinham acesso à internet, aponta IBGE. G1**, 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/tecnologia/noticia/2020/04/29/em-2018-quase-46-milhoes-de-brasileiros-ainda-nao-tinham-acesso-a-internet-aponta-ibge.ghtml>. Acesso em: 06 dez 2020.

Neon. Disponível em: <https://neon.com.br/>. Acesso em: 28 nov 2020.

Next. Disponível em: <https://next.me/>. Acesso em: 28 nov 2020.

Nubank. Disponível em: <https://nubank.com.br/>. Acesso em: 28 nov 2020.

Original. Disponível em: <https://www.original.com.br/>. Acesso em: 28 nov 2020.

PACHECO, Paula. **Concorrência leva bancos digitais a buscar diferenciais. Correio Braziliense**, 2019. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2019/04/17/internas_economia,749976/concorrencia-leva-bancos-digitais-a-buscar-diferenciais.shtml>. Acesso em: 05 dez 2020.

Pag!. Disponível em: <https://www.meupag.com.br/>. Acesso em: 28 nov 2020.

RIBEIRO, Inês Amaral. **Bem-vinda, Geração Z! Tecnologias digitais e novas estratégias de** *branding* **perante a evolução da *consumer decision journey***. 2019. 182 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Comunicação) – Universidade Católica Portuguesa.

SEGNINI, Liliana Rolfsen Petrilli. **Reestruturação nos Bancos no Brasil: Desemprego, subcontratação e intensificação do trabalho**. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 20, n. 63, p. 183-209, ago. 1999.

SIEGL, Bruno et al. **O crescimento das inovações financeiras no Sistema Financeiro Nacional e seu impacto no sistema bancário**. In: 10º SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – SIEPE, n. 10, 2018, Santana do Livramento. **Anais...**Santana do Livramento, 2018, s/ p.

SPC Brasil. **52 milhões de brasileiros usam o cartão de crédito como forma de pagamento**. 2015.

CAPÍTULO 7

ANÁLISE DA GESTÃO PARA SOLUÇÕES DE SISTEMAS DE RESERVATÓRIOS DE ÁGUA

Data de aceite: 01/07/2021

Viviane Vaz Monteiro
Professora de Graduação da Escola de Engenharia da Puc-GO, e de Pós graduação da BSSP
ID LATTES: 1701589638005636
https://orcid.org/0000-0002-3704-3827

Rogério Martins Ferreira
Graduado em Engenharia Civil pela Puc-GO

Anselmo Claudino de Sousa
Professor Mestre de Graduação da Escola de Engenharia da Puc-GO
http://lattes.cnpq.br/8249763871920121
https://orcid.org/0000-0002-3569-0422

Solange da Silva
Professora Dra. da Puc-GO na Escola de Ciências Exatas e de Computação; e no Programa de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas da PUC-GO
http://lattes.cnpq.br/4312855865010981
https://orcid.org/0000-0002-9806-2044

Felipe Côrrea dos Santos
Prof Dr. da PUC-GO
ID Lattes: 8785230632435448
https://orcid.org/0000-0003-2420-5708

RESUMO: Este estudo traz uma análise da gestão sustentável sob a visão do controle de nível dos reservatórios de água tratada, de um sistema automatizado e outro não automatizado, com o objetivo de comparar os benefícios econômicos e de produtividade que a automação pode fornecer quando comparada ao sistema convencional. foram usadas pesquisas bibliográficas, experimental e estudo de caso obtido junto as concessionárias que operam os sistemas de abastecimento público de água dos municípios de nerópolis e de senador canedo em goiás. os resultados obtidos demonstraram que o processo de automação para reservatórios de água, possuem custos de investimento elevados, entretanto em média 7 anos para o município de nerópolis, e 8 anos, para o município de senador canedo paga-se o sistema instalado, por outro lado, o sistema convencional inicialmente possui investimento baixo, e ao longo do tempo torna-se oneroso. conclui-se que o sistema automatizado para reservatorios de água garante maior produtividade, redução de custos e melhor gestão de qualidade e utilização dos recursos naturais.

PALAVRAS - CHAVE: Automação; sistema convencional; controle de nível; sustentabilidade.

ANALYSIS OF SUSTAINABLE MANAGEMENT FOR WATER RESERVOIR SYSTEMS SOLUTIONS

ABSTRACT: This study analyses the sustainable management of water reservoirs levels. it compares an automatized and conventional control systems, with the purpose of find out the benefits economics and of productivity. in the study where applied research bibliographic and cases of water treatment systems of the nerópolis city and senador canedo city, placed in state of goiás, brazil.the results shows that the process of automatization to water reservoirs, has a initial costs elevate, the return was approximately

7 years to nerópolis's system and 8 years to senador canedo system. in the other hand the conventional systems has a cheap initial cost and become expensive over time. it can be concluded that the automated system to control water reservoirs levels ensures greater productivity, reduce costs, better water quality management and save natural resources.
KEYWORDS: Automation; conventional system; level control; sustainability.

1 | INTRODUÇÃO

A modernização tecnológica no setor de saneamento está subordinada ao cumprimento cada vez mais eficaz de funções públicas relacionadas à saúde pública, ao meio ambiente, à inclusão social e à cidadania. A busca por soluções na área de recursos naturais e energéticos reflete a demanda da sociedade que pressiona por mudanças motivadas pelos elevados custos socioeconômicos e ambientais.

O desperdício de água se dá tanto pela falta de consciência das pessoas, como por perdas técnicas, caracterizadas por vazamentos durante a distribuição nos Sistemas de Abastecimento de Água (SAA), a maioria de tais problemas decorre da infraestrutura que pode estar absoleta, inadequada ou impropriamente construída e mal conservada (SANTOS, 2014).

A automatização de processos tem sido prioridade nas empresas, principalmente nos sistemas de abastecimento de água, pois promove a facilidade de análise de acesso à informação, melhoria energética, redução de erros, e problemas relacionados à falha de comunicação.

Como se explica automatizar reservatórios de água, monitorado e controlado por interface?

Segundo Braga et al. (2016), a automação baseia-se em um sistema de equipamentos mecânicos e/ou eletrônicos que controlam seu funcionamento com pouca intervenção humana, gerando inúmeros benefícios como, maior produtividade, redução de custos, melhor utilização dos recursos naturais, entre outros.

Santos e Oliveira (2014) retrata em sua pesquisa científica que reservatórios existem problemas comuns em provocar desperdício de água em detrimento de extravasamento e alto custo de energia elétrica. Uma vez instalado dispositivos eletro - mecânicos implementados a automação para aplicação, o resultado apresentou uma redução considerável em eficiência e eliminação de desperdício, com utilização de tecnologias e dispositivos de baixo custo.

Logo, essa pesquisa teve o objetivo de comparar 2 sistemas de controle de nível de reservatório de água tratada nos municípios de Nerópolis e Senador Canedo, detalhando os benefícios econômicos e de produtividade que a automação pode fornecer quando comparado ao sistema convencional.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Gestão da automação em sistemas de abastecimento de água

A gestão automatizada dos sistemas de abastecimento de água só é possível caso se disponha de adequada informação sobre estes, em tempo real, que permita tomar decisões sobre as atuações a realizar. Assim, no projeto, o funcionamento do sistema de telegestão, os sistemas de abastecimento de água e saneamento, deverá envolver um sistema que contenham medidas operacionais; e uma ação de gestão que, atendendo às circunstâncias de exploração, operacionalidade dos diversos órgãos, estatísticas do comportamento anterior e fatores econômicos, tome uma decisão sobre a forma mais rentável da sua exploração, garantindo a qualidade do serviço prestado ao cidadão (CUNHA, 2017).

Estudo realizado por Pinto et al. (1997) junto à SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) comprovou a eficácia da automatização de 18 estações de tratamento de água no Vale do Ribeira, onde estas estações são autocontroláveis através de controladores lógicos programáveis, com *softwares* que assume totalmente a estação por meio de uma central de monitoramento por 24 horas/dia.

Spolaor (2011) automatizou o controle da reservação de distribuição da Unidade de Santa Rosa do Viterbo - SP, implementando o sistema de "inteligência artificial", um sistema integrado resultante empregado de CLPs e um sistema de controle e aquisição de dados (*Supervisory Control and Data Acquisition* – SCADA) que contribuiu para uma melhoria significativa do sistema de armazenamento e distribuição. A aplicação dos resultados trouxe ganhos relacionados ao atendimento das demandas diárias de água do sistema de distribuição buscando viabilizar um sistema eficiente, seguro e de qualidade.

De acordo com Tsutiya (2006), devido à automação substituir a ação humana pela ação mecânica, é fundamental entender detalhadamente o funcionamento dos equipamentos eletromecânicos e o sistema hidráulico, processos, dentre outros.

2.2 Custos e benefícios da automatização

Tsutiya (2006) relata que a automação é aplicada em uma ETA para facilitação dos seguintes trabalhos:

- Medição contínua de turbidez, cloro residual, flúor, pH e potencial de coagulação;
- Controle ótimo da dosagem de produtos químicos;
- Controle automático e do ciclo de lavagem dos filtros;
- Controle de energia elétrica;
- Otimização dos tempos de permanência da decantação;
- Planejamento de produção com base em previsão de demanda;

- Controle automático da remoção de lodo;
- Centralização operacional;
- Integração operacional do laboratório de análises químicas;
- Controle estatístico;
- Modelamento matemático de processo e de controle;
- Integração com sistema de gestão de manutenção;
- Integração com o Centro de Controle Operacional (CCO);
- Integração com supervisão e controle do manancial; e
- Integração dos controles das elevatórias de água bruta e tratada (EAB e EAT).

A otimização da confiabilidade e da relação custo-benefício em inúmeros processos é advinda da automatização, que atualmente, não é somente uma opção, mas uma necessidade. Em ETAs, ter um sistema monitorado, informatizado, automatizado com sistema local inteligente, tomando ações de forma independente na própria estação, onde o gerenciamento é executado por meio de relatórios fornecidos por *software*(s) adequado (s) de supervisão, proporciona a otimização da confiabilidade, da relação custo-benefício (PINTO et al., 1997).

Pereira (1995) destaca que a automação favorece a redução de custos do sistema produtivo como um todo, gerando sensível aumento nos lucros. Dentre os motivos específicos pelos quais, a busca por processos automatizados na indústria tem aumentado, tais como pela diminuição dos custos de produção; resposta ágil às carências ou distúrbios da produção; diminuição do volume, tamanho e custo dos equipamentos; aceleração da retomada do sistema produtivo; repetitividade e qualidade maior de produção; facilitação de incorporação de sistemas produtivos interligados; e maior quantidade de dados informacionais gerados pelo processo produtivo, favorecendo sua gestão global.

2.3 Processos e tecnologias aplicadas à automação

São evidenciadas diversas tecnologias integradas são utilizadas e poderá interagir com diversos dispositivos e aplicativos utilizados na indústria como *software Matlab;* sistema *system;* transmissores *Foundation Fieldbus;* Módulos *Moldbus* de entradas/saídas digitais e analógicas; tecnologias *Modbus*, *Foudations Fieldbus*, e *Objetc Linking e Embedding for Process Control*; e computadores com sistema operacional *Windows* (SOUZA, 2016).

Dentre os recursos inerentes ao processo de automação, um que se destaca como essencial é a instrumentação.

Para Souza (2006) a instrumentação possibilita a medição das condições do processo e de grande parte dos atuadores, promove os meios de interação com o processo que está sendo controlado e realiza os processamentos iniciais e finais dos sinais trocados entre o processo e o sistema de controle. O objetivo é garantir a seguridade da operação,

melhor qualidade do produto final, reduções dos custos globais que são utilizados por diversos equipamentos nos processos de automatização.

Com a crescente busca das indústrias em soluções limpas e de baixo custo, tornou-se necessário a criação de novas ferramentas como *wireless* que se tornou indispensável para as indústrias 4.0, pois reduzem o custo com mão de obra e infraestrutura, as manutenções mais baixas, além do acesso de sistemas gerenciais através de *big* datas e hospedados em *cloud* (SUMMIT, 2020).

Alfacomp (2020) retrata que nos projetos completos de reservatórios de água tratada são utilizados para automação *hardwares e softwares*, e telemetria. Baseado no CLP *haiwell* modelo C12SOP, o painel apresenta alto índice de integração, modularidade, facilidade de manutenção e protocolo *Modbus* RTU – *Remote Terminal Unit*, mestre e escravo, resultando em uma montagem de alto desempenho e baixo custo.

3 I METODOLOGIA

Para análise do sistema de controle de nível dos reservatórios, foram realizadas diversas visitas técnicas para levantamento de dados no Município de Nerópolis-GO, gerenciado pela empresa de Saneamento de Goiás (SANEAGO) e no Município de Senador Canedo-GO, gerenciado pela Agência de Saneamento do Município (SANESC) no período de julho/2017 a agosto/2018.

Constatou-se que o controle de nível de água de Nerópolis é automatizado, que em contrapartida, em Senador Canedo, o controle de nível de reservação de água é operado de forma manual com equipe volante.

Para coleta dos dados desses controles de nível dos reservatórios de água, no sistema automatizado foi possível obtê-los através de seu supervisório *on-line*. Já por meio do controle manual, apresentaram-se planilhas diárias realizadas pelo operador volante.

Também se observaram detalhes da infraestrutura de cada reservatório como tipo, localização em relação ao terreno material e dimensão, conforme associados aos seus respectivos sistemas implantados.

A partir dos dados obtidos pelas respectivas concessionárias, realizaram-se os cálculos de investimento inicial (R$) dos sistemas em operação e o investimento aplicado no período de 10 anos.

Martins (2019) afirma que um sistema automatizado de controle de nível de água, poderá ser modificado ou substituído por novo sistema, no período mínimo de 10 anos. Desse modo, para este estudo realizaram-se os cálculos de investimentos de custos e sistemas no período mínimo de 10 anos.

Analisaram-se registros de consumo de energia elétrica, manutenção preventiva e corretiva, gastos com mão-de-obra operacional, insumos, rapidez e eficiência nas informações dos sistemas.

3.1 Sistema de Nerópolis

O Sistema de Abastecimento de Água do município de Nerópolis é administrado pela Saneago que detém concessão de distribuição de água de quase todas as cidades do estado de Goiás. A vazão nominal do SAA da cidade é de 84,00 L/s. O SAA dispõe de 9 reservatórios em operação e 10 poços tubulares profundos com supervisão e controle dos níveis automatizados. Nerópolis tem uma população de aproximadamente 29.850 pessoas (IBGE, 2018).

A Gerência de Desenvolvimento Operacional e Inovações Tecnológicas (P-GDI) da Saneago desenvolveu seu próprio projeto de automação remota do supervisório no ano de 2009. O *software* utilizado é o *Delphi*, responsável pelo controle do sistema de abastecimento de água.

Os controles de supervisão dos níveis dos reservatórios são monitorados 24horas/dia por automação de telemetria e telecomando. Conta com uma equipe de 4 operadores para supervisionar o sistema de forma remota, divididos em turnos de 6 horas.

Com o sistema supervisório, o operador tem a facilidade de gerenciar todo o sistema de abastecimento de água do distrito de Nerópolis com eficiência nas informações e rapidez, conforme Figura 2.

Figura 2 – Tela de Supervisório do Distrito de Nerópolis.

Fonte: Saneago (2017).

Esse supervisório possibilita ter o controle de nível dos reservatórios de água, *status* de funcionamento de seus motores, controle de vazão e a facilidade de detectar

vazamentos na rede de distribuição e nível de extravasão dos reservatórios.

3.2 Sistema de Senador Canedo

O sistema de abastecimento de água do Município de Senador Canedo é administrado pela Sanesc (concessão municipal). A vazão nominal do sistema é de 330 L/s, com supervisão e controle de nível de 38 reservatórios de abastecimento de água distribuídos pelo município. Senador Canedo tem uma população de 115.371 pessoas (IBGE, 2018).

Os controles de supervisão dos níveis dos reservatórios são monitorados manualmente 24 horas/dia. Conta com uma equipe de 14 operadores, sendo 4 volantes. Operadores volantes são pessoas motorizadas que realizam *in loco* a medição dos níveis de cada reservatório.

4 I RESULTADO E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra a projeção de custo investido com 1 operador volante, anualmente no valor de R$ 69.060,00 (sessenta e nove mil e sessenta reais) para o sistema de automação de reservatório implantado em Nerópolis.

Custo do Sistema com 1 Operador Volante – Nerópolis		
Descrição	**Custo Mensal (R$)**	**Custo Anual (R$)**
Operador Volante	2.170,00	26.040,00
Encargos Sociais	1.085,00	13.020,00
Despesas Gerais	2.500,00	30.000,00
Total	**5.755,00**	**69.060,00**

TABELA 1 - Custo do sistema com 1 operador volante - Município de Nerópolis.

Legenda: despesas gerais correspondem a custos com combustível, veículo, insumos e energia elétrica.

Fonte: Os autores.

O custo com 1 operador em 10 anos é equivalente a R$ 690.600,00 (seiscentos e noventa mil e seiscentos reais).

Já na Tabela 2, avaliou-se o investimento no sistema com automação de todo o município, sendo este, o custo inicial de R$ 459.118,59 (quatrocentos e cinquenta e nove mil, cento e dezoito reais e cinquenta e nove centavos) com previsão mínima de 10 anos, e manutenção (*software* e treinamentos) anual no valor de R$ 2.040,00 (dois mil e quarenta reais), totalizando em R$ 477.478,59 (quatrocentos e setenta e sete mil, quatrocentos e setenta e oito reais e cinquenta e nove centavos).

Custo do Sistema com Automação em 10 Anos – Nerópolis			
Descrição	**Quantidade (unidade)**	**Custo Inicial (R$)**	**Custo Total (R$)**
Reservatório - D Alda	1	31.508,95	31.508,95
Reservatório - SP	1	27.483,10	27.483,10
Reservatório - SP I	1	27.483,10	27.483,10
Reservatório - SP II	1	27.483,10	27.483,10
Reservatório - Morumbi	1	31.000,00	31.000,00
Reservatório - Ovídio	1	31.000,00	31.000,00
Reservatório - ETA	3	52.926,84	52.926,84
Poço	10	228.193,50	228.193,50
Manutenção	10*	2.040,00	20.400,00
Total		**459.118,59**	**477.478,59**

TABELA 2 - Custo do Sistema com Automação em 10 anos no Município de Nerópolis.

Legenda: ETA – Estação de Tratamento de Água; 10* - refere-se a um período de 10 anos de manutenção.

Fonte: Os autores.

Analisando o custo médio por reservatório, tem-se o valor de 25.432,00 (vinte cinco mil quatrocentos e trinta e dois reais), mais a manutenção em 10 anos, chegando ao montante de aproximadamente, 45.832,00 (quarenta e cinco mil oitocentos e trinta e dois reais).

A Tabela 3 apresenta a projeção de custo anual investido para o sistema manual em Senador Canedo, calculado por operador volante no valor de 122.400,00 (cento e vinte dois mil e quatrocentos reais). Considerando que são 4 operadores volantes, o custo anual é de R$ 489.600,00 (quatrocentos e oitenta e nove mil e seiscentos reais). Em 10 anos, o custo é equivalente a 4.896.000,00 (quatro milhões oitocentos e noventa e seis mil reais).

Custo do Sistema com Operador Volante – Senador Canedo			
Descrição	**Quantidade (unidade)**	**Custo Mensal (R$)**	**Custo Anual (R$)**
Operador Volante	1	1.800,00	21.600,00
Encargos Sociais	1	900,00	10.800,00
Despesas Gerais	1	7.500,00	90.000,00
Total	**-**	**10.200,00**	**122.400,00**

TABELA 3 – Custo do sistema com operadores volante do Distrito de Senador Canedo.

Legenda: despesas gerais correspondem a custos com combustível, veículo, insumos e energia elétrica.

Fonte: Os autores.

Na Tabela 4, se o sistema fosse automatizado, o investimento inicial seria de R$ 946.360,02 (novecentos e quarenta e seis mil trezentos e sessenta reais e dois centavos), e 1.380.833,45 (hum milhão, trezentos e oitenta mil, oitocentos e trinta e três reais, quarenta e cinco centavos) com previsão mínima de 10 anos, com custo de manutenção (*software* e treinamentos) anual no valor de R$ 7.200,00 (sete mil e duzentos reais).

Custo no Sistema com Automação em 10 Anos – Senador Canedo			
Descrição	**Quantidade (unidade)**	**Custo Inicial (R$)**	**Custo Total (R$)**
Reservatório - Bom Sucesso	1	133.577,25	133.577,25
Reservatório - Oliveira	1	44.525,75	44.525,75
Poço	18	41.074,87	41.074,87
CR com 1R	9	247.347,90	247.347,90
CR com 2R	15	472.634,25	472.634,25
Manutenção	10*	7.200,00	72.000,00
Total		**946.360,02**	**1.380.833,45**

TABELA 4 – Custo do Sistema de Automação para o Distrito de Senador Canedo.

Legenda: ETA – Estação de Tratamento de Água; CR COM 1R – Centro de Reservação com 1 reservatório; CR COM 2R – Centro de Reservação com 2 reservatórios; 10* - refere-se a um período de 10 anos de manutenção.

Fonte: Os autores.

Conforme estudos realizados no distrito de Senador Canedo verifica-se a necessidade da implantação de um sistema automatizado.

Os resultados da pesquisa de Trojan e Kovaleski (2001) apresentou que o índice de perdas, após a implantação da automação, houve uma redução de 47,29% em 2001, para 38,91% em 2002, mantendo-se em declínio no ano seguinte até alcançar 32,23% em 2003.

Devido ao nível de crescimento do município, um controle automatizado em seus níveis de reservação, apresentariam mais precisão e agilidade no controle do abastecimento público de água.

De acordo com o Gráfico 1, comparando a implantação do controle de nível dos reservatórios automatizados, com o sistema convencional dos dois municípios em estudo, chega-se a conclusão que o custo estimado da automação é mais baixo.

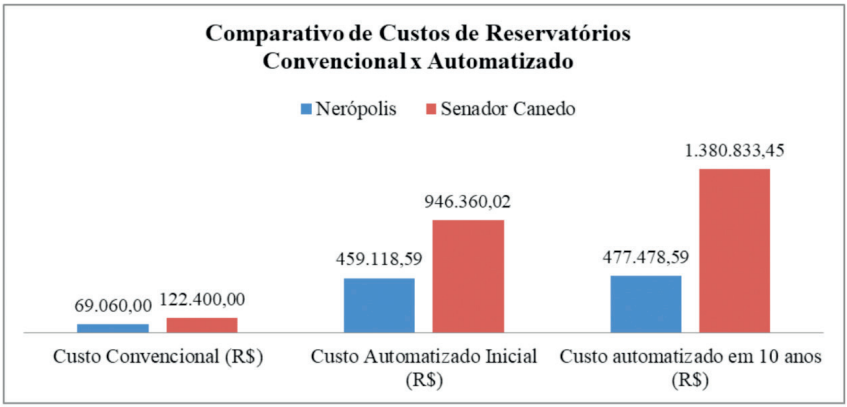


Gráfico 1 – Comparativo de Custos de Reservatórios Convencional x Automatizados.

Fonte: Os autores.

O investimento na implantação do sistema supervisório automatizado de telemetria e comando, no primeiro ano gerou-se alto custo de investimento, sendo acrescido anualmente de manutenção (atualização de *software*). Em contrapartida, o sistema convencional (operacional volante) mantém crescente anualmente.

Os dados analisados com automação indicam que o investimento auto se paga em média de 7 anos, para o Município de Nerópolis, e em 8 anos para o Município de Senador Canedo, aproximadamente.

De acordo com a empresa de saneamento de Goiás, com o sistema supervisório implantado em Nerópolis, o controle de análise da eficiência energética nos reservatórios trouxeram melhorias, ao passo que aperfeiçoou com rápidas correções e melhorias nas condições de trabalho.

Sobrinho e Borja (2016) apontam um período de amortização entre 0 a 5 anos a automação como telemetria, Supervisory *Control and Data Acquisition* e controle eletrônico

na modulação das válvulas nas áreas de reservação e distribuição em sistemas de abastecimento de água como uma das medidas para melhorar a eficiência energética.

5 I CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstraram que o processo de automação para reservatórios de água, possuem custos de investimento elevados. Entretanto em média 7 anos para o município de Nerópolis, e 8 anos, para o município de Senador Canedo paga-se o sistema instalado, por outro lado, o sistema convencional inicialmente possui investimento baixo, e ao longo do tempo torna-se oneroso.

Conclui-se que a partir da análise da gestão sustentável de reservatórios de água, os resultados encontrados demonstraram que a automação para controle de nível de reservatório de água permite a análise rápida para controle de correções como o desperdício de água potável, alto custo de energia elétrica, melhor otimização de tempo e qualidade, melhores condições de trabalho para o operador, entre outros.

Entretanto, vale ressaltar que para bons resultados técnicos operacionais em automatização de reservatórios de água, são necessários planejamento e ações estratégicas por parte da organização.

Logo, a automação auxilia os gestores a identificar áreas de operações de sistemas, evitando gastos desnecessários, utilizando de forma sustentável os recursos naturais com melhor qualidade e eficiência na preservação do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ALFACOMP. **Empresa de fabricação de equipamentos de telemetria**. Disponível em: https://alfacompbrasil.com/2019/09/17/projeto-de-automacao-e-telemetria-de-um-reservatorio-de-agua-tratada/. Acesso em 05 de jun. 2020.

BRAGA, I. P. C; LOPES, C.; MEDEIROS, K. P. F. M.; DANTAS, H. F. B.; REIS, R. B. **Análise do sistema de irrigação automatizado com estudo de caso no campo de futebol da Ufersa Campus Mossoró-Rn**. In: XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, João Pessoa/PB, Brasil, 2016.

CUNHA, C. E. R. **Telegestão de uma rede de abastecimento de água e drenagem de águas residuais.** Dissertação de Mestrado. Universidade do Porto. Porto, 2017.

FILHO, Mário. **Automação no saneamento básico: diferentes necessidades para um mesmo objetivo.** Revista Controle & Instrumentação, ed. 61, São Paulo, SP, 2001.

HOWE K.J.; HAND D.W.; CRITTENDEN J. C.; TRUSSEL R.R., TCHOBANOGLOUS, G. **Princípios de Tratamento de Água.** Tradução: Noveritis do Brasil. Editora Cengage Learning, São Paulo, SP; 2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Unidade da Federação, Cidades e Estados**. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html. Acesso em: 10 de out, 2019.

MARCOS, E. C. P. **Proposta de automatização da estação elevatória de água do Campus Morro do Cruzeiro da UFOP**. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

MARTINS, R. F. Técnico em Eletrotécnica – **Empresa Painéis de Controle Industrial**, Goiânia-GO, 2019.

PEREIRA, S. L. **Aspectos sobre Processos Automatizados de Pesagem Rodoferroviária: Uma Proposta de Modernização de Postos em Operação**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1995.

PINTO, O. E.; CHERBAKIAN, E. H.; INOUE, M. M.; SILVA, G. F. **Automação de Estação de Tratamento de Água**. 19º Congresso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Foz do Iguaçu, 1997.

SANTOS, M. P.; OLIVEIRA, J. K. C. **Automação de Baixo Custo para Reservatórios de Água**. Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB / nº 25, João Pessoa, 2014.

SOBRINHO, R. A.; BORJA, P. C. **Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes na RMS**. Revista de Eng Sanit Ambient, v.21 n.4, out/dez 2016, 783-79.

SOUZA, J. P. P. **Ambiente didático para controle avançado de processos industriais**. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

SOUZA, M. **Proposta de Um Sistema de Gestão Empregando Instrumentação Inteligente e Redes de Campo na Automação do Processo de Tratamento de Água**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2006.

SPOLAOR, A. S. **Automação nos sistemas de abastecimento de água. Caso do controle da reservação de distribuição**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2011.

SUMMIT, Control. **Empresa de soluções para indústria**. Disponível em: https://www.summitcontrol.com.br/solucoes-para-industria-4-0/. Acesso em 04 de Jun, 2020.

TROJAN, F.; KOVALESKI, J.L. **Automação no abastecimento de água: Uma ferramenta para redução de perdas e melhoria nas condições de trabalho.** In: XII Simpósio de Engenharia de Produção - Bauru, SP, Brasil, 2005.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3º Ed. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2006.

CAPÍTULO 8

RELAÇÃO DOS PROGRAMAS DE ASSISTÊNCIA SOCIAL DO BRASIL COM AS VARIÁVEIS MACROECONÔMICAS PELA ANÁLISE FATORIAL

Data de aceite: 01/07/2021

Viviane de Senna
Universidade Federal de Santa Maria

Adriano Mendonça Souza
Universidade Federal de Santa Maria

RESUMO: A população brasileira em situação de extrema pobreza possui o direito a uma complementação de renda por parte do governo, com o intuito de garantir o mínimo necessário para uma vida digna. Essa complementação é dada pelos Benefício de Prestação Continuada e Programa Bolsa Família que estão vigentes desde 2004. Contudo, essas iniciativas públicas geram impactos na economia interna, por isso o objetivo desse estudo é verificar sua influência dos programas de transferência de renda e suas relações por meio da análise fatorial. O período do estudo foi de janeiro de 2004, até janeiro de 2021 e os resultados obtidos identificam três fatores principais denominados Geração de Renda, Condições de Mercado e Inflação devido as respectivas cargas fatoriais das séries que os compõe. Pela análise fatorial também foi possível identificar as relações das séries no período de estudo.

PALAVRAS - CHAVE: Estatística Multivariada. Análise Fatorial. Assistência Social.

RELATIONSHIP OF BRAZILIAN SOCIAL ASSISTANCE PROGRAMS WITH MACROECONOMIC VARIABLES BY FACTORIAL ANALYSIS

ABSTRACT: The Brazilian population in a situation of extreme poverty has the right to supplement their income by the government, in order to guarantee the minimum necessary for a dignified life. This complementation is provided by the Continued Benefit Benefit and Bolsa Família Program that have been in force since 2004. However, these public initiatives have an impact on the domestic economy, so the objective of this study is to verify their influence on income transfer programs and their through factor analysis. The study period was from January 2004, until January 2021 and the results obtained identify three main factors called Income Generation, Market Conditions and Inflation due to the respective factorial loads of the series that compose them. Through factor analysis it was also possible to identify the relationships of the series during the study period.

KEYWORDS: Multivariate Statistics. Factor analysis. Social assistance.

1 I INTRODUÇÃO

O governo federal brasileiro possui programas de Assistência Social que têm como função reduzir as dificuldades da população em situação de extrema pobreza. Entende-se por Assistência Social como um órgão do sistema de seguridade social que realiza ações de iniciativas públicas e privadas para suprir

deficiências de parte da população em relação a sua sobrevivência.

A Assistência Social foi definida pela Lei Orgânica da Assistência Social – LOAS - Lei nº 8.742, de 7 de dezembro de 1993 como um direito do cidadão e dever do estado para garantir que as necessidades básicas destes sejam atendidas. A Lei citada foi prevista na Constituição Federal de 1988, ainda em vigência, pois o assistencialismo era visto anteriormente como caridade e prestado majoritariamente pela igreja e representantes das classes sociais mais abastadas (BRASIL, 2000).

O Sistema Único de Assistência Social – SUAS é o sistema responsável por coordenar as ações assistenciais em todo o território nacional pela da integração dos três níveis de governo, municipal, estadual e federal. Através dessa participação dos governos busca-se garantir benefícios e serviços de atenção básica a toda a população. Vinculados ao SUAS foram criados vários programas, dentre eles o Programa Bolsa Família – PBF e o Benefício de Prestação Continuada – BPC. Esses dois programas possuem como função principal garantir uma renda mínima às famílias para que não se encontrem em situação de extrema pobreza, e assim erradicar essa situação do país.

De acordo com o Art. 18 do Decreto 5.209/2004 extrema pobreza é caracterizada pela renda familiar mensal *per capita* de até R$89,00 (oitenta e nove reais) e pobreza renda familiar mensal *per capita* de R$178,00 (cento e setenta e oito reais). Os valores citados são reajustados ao longo dos anos, está em vigência o Decreto 9.396/2018. Até o ano de 2014 o valor que definia a extrema pobreza era de R$70,00 (setenta reais). Além dos programas de complementação de renda são ofertados outros programas pelo Ministério do Desenvolvimento Social – MDS com o objetivo de auxiliar na melhoria da qualidade de vida da população e de tornar as famílias autossuficientes de modo que não necessitem mais dos programas.

Uma forma adotada pelo governo para estimular esse movimento é a obrigatoriedade da frequência escolar mínima de 85% para as crianças e adolescentes, entre 6 e 17 anos, provenientes das famílias beneficiárias dos programas. Os demais estudantes não vinculados a programas seguem as diretrizes da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB, a Lei 9.394/1996 que estabelece a frequência mínima de 75% do total de horas letivas para aprovação.

No entanto, as pesquisas realizadas por Yazbek (2003) e Pontes (2010) concluíram que os beneficiários dos programas assistenciais estão se tornando dependentes do setor público. Os programas acabaram gerando um clientelismo, visto que não estão favorecendo os cidadãos, que não demonstram interesse em parar de receber os benefícios para serem meritosos da conquista dos recursos que garantam o próprio sustento e das famílias. Para Figueiró (2010), isso ocorre porque as famílias não têm consciência da situação de pobreza em que se encontram. Sendo assim, elas não adquirem a noção de que para superar a situação atual é necessário um esforço que vai além da aquisição de uma renda mensal.

De acordo com Almeida e Souza (2015), os programas podem ser utilizados para

ampliar os colégios eleitorais do partido que está no poder. Já que, a conclusão do estudo efetuado indica que sem os programas, somente na região nordeste do país seria possível registrar a redução de 11,6% de votos nas eleições presidenciais de 2010. E que sem o PBF o quantitativo de votos do partido da situação reduziria em aproximadamente 1.369.568 milhões.

Para Senna e Souza (2019), caso o governo federal modificação dos programas de transferência de renda, acarretará alterações na economia interna. Visto que, o foi estudada a relação dos valores aplicados pelo governo nos programas assistenciais e variáveis macroeconômicas com auxílio da metodologia multivariada, no período mensal de janeiro de 2004 a novembro de 2015.

O objetivo do estudo é determinar o impacto dos programas assistenciais, PBF e BPC nas variáveis macroeconômicas internas e suas relações, pela análise Fatorial, ou seja, replicar o estudo de Senna e Souza (2019) ampliando a periodicidade das séries para até janeiro de 2021 e verificar se existe diferença nos resultados.

A avaliação do impacto sofrido por séries vinculadas a economia interna, como no caso dos programas assistenciais que podem ser modificados pelo governo, são importantes para compreensão das consequências para o mercado econômico. Essa informação ajuda na implementação de políticas públicas adequadas a necessidade da população em situação de extrema pobreza. Pela análise Fatorial é possível interpretar como são organizadas as variáveis a partir de suas correlações.

Para atingir o objetivo do estudo o capítulo 2 descreve os métodos multivariados de análise de componentes principais – ACP e análise fatorial – AF. No capítulo 3 será descrita a metodologia do estudo, no capítulo 4 serão apresentados os resultados e discussões, no capítulo 5 constam as considerações finais e, por fim, as referências teóricas e metodológicas utilizadas para desenvolver o estudo.

2 I ANÁLISE MULTIVARIADA

A análise multivariada é utilizada para desenvolver estudos de amostras e distribuições multidimensionais. A aplicação dessa metodologia tem sido ampliada devido a versatilidade e aplicabilidade em áreas distintas como, a indústria, a economia, a química, entre outras (HAIR et al, 2009). Outra vantagem da multivariada é a capacidade preditiva e analítica que as técnicas podem apresentar. São diferentes tipos de métodos que podem ser utilizados, a seleção do mais apropriado depende do tipo de estudo que será desenvolvido. Para atingir o objetivo desse estudo foram selecionadas a análise de componentes principais – ACP e análise fatorial – AF.

2.1 Análise de Componentes Principais

A ACP consiste em uma técnica em que o conjunto de variáveis é transformado,

cada variável é considerada um eixo em que as variabilidades são correlacionadas entre si. Dessa forma, é identificada a função que melhor discrimina as variáveis e deriva-se a função ortogonal dela (PEREIRA, 2001). Pela ortogonalidade é definida a desassociação total das variáveis, é gerado um novo conjunto de variáveis que descreve a variabilidade total existente no sistema, mas não correlacionado.

As coordenadas distinguem as séries pelas posições em relação aos eixos, em que as unidades de medida são abstratas. A primeira componente será uma dimensão em função dos eixos originais [Z = f(x,y)] (FÁVERO et al, 2009). Assim, é possível reduzir o conjunto de dados, com muitas variáveis inter-relacionadas, redistribuir a variação nos eixos originais e obter um conjunto em que os eixos sejam não correlacionados ortogonais. A dimensão pode ser bi ou multidimensional, a identificação considera a que que melhor distingue as variáveis e sua respectiva função ortogonal. Caso as variáveis não estejam discriminadas, uma nova componente será buscada e a função ortogonal derivada (PEREIRA, 2001).

O processo pretende reduzir o número de variáveis no conjunto sem perder informação e mantendo a variabilidade original do conjunto (MALHOTRA, 2006). Então, componentes principais provêm da aplicação de uma técnica matemática que transforma um conjunto original em outro de dimensões equivalentes agrupando indivíduos semelhantes no espaço bi ou tridimensional pela interpretação geométrica. O agrupamento é a transformação de *karhunnen-Loéve*, ou ACP e os valores principais são os autovalores, que indicam quantidade de variância explicada por um fator (HAIR et al, 2009), em que os eixos são oriundos da matriz de correlação ou da matriz de variância-covariância.

A ACP auxilia a resumir uma grande quantidade de variáveis, analisar as correlações entre elas, a importância de cada uma para que seja possível retirar do conjunto as irrelevantes em termos de variação, agrupar as similares pelas dispersões gráficas no espaço bi ou tridimensional, além de outras finalidades (FÁVERO et al., 2009). Quanto menor for o número de componentes principais melhor será a correlação das variáveis originais, mas com variáveis pouco correlacionadas não há redução pelas componentes principais (GOMES, 2013).

A técnica não é capaz de capturar componentes não-lineares, por isso, se usada em casos não lineares pode ocorrer a superestimação da dimensão real dos dados (MALHOTRA, 2006). Para variáveis com unidades de medidas diferentes indica-se o uso da matriz de correlação para possibilitar a avaliação das relações de interdependência. Os autovalores da matriz de correlação são representados por $\lambda_1,\ldots,\lambda_p$, e definem-se os autovetores associados a cada um desses. A primeira componente principal é associada ao vetor de maior valor próprio, a segunda componente principal associada ao segundo vetor de maior próprio e segue assim para todas as demais, as componentes principais são ortogonais entre si (GOMES, 2013). Então, $\lambda_1 > \lambda_2 > \ldots > \lambda_p \geq 0$, indicam variância das componentes principais $Var(Y_i) = \ell_i' \Sigma \ell_i$. A equação (1) para obter as componentes principais:

$$Y_j = \sum_{i=1}^{p} \ell_{ij} X_i \qquad (1)$$

Em que: j = 1, ... , p; ℓij estima a primeira componente por ordem de maior para menor variância, os pesos são atribuídos pelos vetores associados, $\ell_{i1}^2 + \cdots + \ell_{ip}^2 = 1$ com e $i = 1, \ldots, p$ e $\ell_{i1}\ell_{j1} + \cdots + \ell_{ip}\ell_{jp} = 0$ para todo $i \neq j$; os pesos das componentes lij indicam a importância relativa das variáveis originais; Yj são os *scores* das componentes principais.

O *fator score* é a medida que passa a ser entendida como coordenadas do conjunto. O *fator loading* é a correlação entre a função derivada e as medidas originais, quanto mais próximo de um maior a importância para a formação da componente principal. Para obter o valor do *loading* utiliza-se a fórmula (2):

$$l_{ij} = \frac{a_{ij}}{s_j}\sqrt{\lambda_i} \qquad (2)$$

Em que: a_{ij} é o peso da i-ésima componente principal e da j-ésima variável; s_j é o desvio-padrão da variável; λ_j é o valor próprio da componente principal.

As componentes principais são obtidas pelas variáveis padronizadas (3):

$$Z_1 = \frac{(X_1 - \mu_1)}{\sqrt{\sigma_{11}}} \quad Z_2 = \frac{(X_2 - \mu_2)}{\sqrt{\sigma_{22}}} \quad \cdots \quad Z_p = \frac{(X_p - \mu_p)}{\sqrt{\sigma_{pp}}} \qquad (3)$$

Em que: $Z = \left(V^{1/2}\right)^{-1}(X - \mu)$, diagonal principal de $V^{1/2}$, indica o desvio padrão, e o valor esperado de Z é dado por E(Z) = 0 e a matriz de covariância de Z, é dada por (4):

$$Cov(Z) = \left(V^{1/2}\right)^{-1} \Sigma \left(V^{1/2}\right)^{-1} = \rho \qquad (4)$$

As componentes principais obtidas pela matriz de variância-covariância - Σ não são as mesmas obtidas pela matriz de correlação - p. Neste caso, $(\lambda_1, e_1), (\lambda_2, e_2), \ldots, (\lambda_p, e_p)$, são os pares de autovalores e autovetores da matriz rcom $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \ldots \geq \lambda_p \geq 0$. A proporção da variância é explicada é dada pela *communality*, como a equação (5):

$$c_j = \sum_{i=1}^{p} \ell_{ij}^2 \qquad (5)$$

Em que: ℓij é o peso da componente principal "i" e da variável "j".

Loading é o peso da variável, a correlação entre uma variável e um *fator* representa o peso desta variável no *Fator*. A variância é mantida e verifica-se o quanto a variável contribui para a construção da componente.

2.2 Análise Fatorial

A AF é uma técnica de interdependência que tem por objetivo identificar uma estrutura

que explique as variações ocorridas no conjunto. É utilizada para maximizar o poder de explicação do conjunto de dados e cada variável considera as outras. O desenvolvimento da análise pressupõe a formulação do problema, a construção da matriz de correlação, a determinação do método de AF, do número de fatores e escores, a rotação dos fatores e a interpretação do resultado.

As variáveis devem observar a escala intervalar e da unidade de medida, bem como uma amostra mínima cinco vezes maior do que a quantia de variáveis do conjunto. A AF analisa fatores comuns e componentes principais, pode ser usada para analisar inter-relações e explicar as dimensões comuns entre muitas variáveis, condensá-las em um conjunto menor sem perder informação (HAIR et al., 2009). A equação (6) representa o modelo fatorial:

$$X_i = A_{ij}F_1 + A_{i2}F_2 + A_{i3}F_3 + \ldots + A_{im}F_m + V_iU_i \qquad (6)$$

Em que: X_i é a i-ésima variável padronizada; A_{ij} é o coeficiente padronizado de regressão múltipla da variável i sobre o fator comum j; F indica o fator comum; V_i é o coeficiente padronizado de regressão da variável i sobre o fator único i; U_i é o fator único para a variável i; m indica o número de fatores comuns. Os fatores são representados algebricamente pela equação (7):

$$F_i = W_{i1} + X_1 + W_{i2}X_2 + \ldots + W_{ik}X_k \qquad (7)$$

Em que: F_i indica a estimativa do i-ésimo fator; W_i é o peso ou coeficiente do escore fatorial; k é o número de variáveis.

Os critérios são utilizados para definir a quantidade de componentes necessárias para explicar a variabilidade e não perder informação do conjunto de dados. A componente principal selecionada deve explicar pelo menos de 70% a 80% da variabilidade total do conjunto de dados. Sendo, λ_j a variância da componente principal, a proporção a ser explicada por j é dada por (8):

$$\frac{\lambda_j}{\sum_{j=1}^{p}\lambda_j} x100 = \qquad (8)$$

A proporção das k primeiras componentes principais deverá ter valor superior a 80% e é dada pela equação (9):

$$\frac{\sum_{j=1}^{k}\lambda_j}{\sum_{j=1}^{p}\lambda_j} x100 = \qquad (9)$$

O teste *Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy* – KMO indica se é possível aplica a AF, define por meio das correlações entre as variáveis. O teste KMO ou Kaiser (1960), busca excluir as componentes que possuam valores próprios inferiores a sua média aritmética. Pode ser calculado pela equação (10):

$$KMO = \frac{\sum_i \sum_j r_{ij}^2}{\sum_i \sum_j r_{ij}^2 + \sum_i \sum_j a_{ij}^2} \quad (10)$$

Em que: rij é o coeficiente de correlação observado; a_{ij} é o coeficiente de correlação parcial entre as variáveis e deverão ser próximos de zero, pois são ortogonais entre si.

O coeficiente de correlação mede a força de associação entre variáveis escalares, se elas forem pequenas o KMO possuirá valor próximo a 1 e haverá adequação dos dados para a análise fatorial. Nos valores críticos próximos a 0,90 a adequação é ótima dos dados para AF, próximos a 0,80 a adequação é boa, próximos a 0,70 a adequação é razoável, próximos a 0,60 a adequação é medíocre, próximos a 0,50 ou inferiores é imprópria para os dados da AF (PEREIRA, 2001).

Para a seleção do número de componentes pode-se utilizar o critério de Kaiser (1960), que inclui na análise apenas os componentes com autovalores superiores a 1. Também pode ser utilizada a representação gráfica (CATTELL, 1966) de declive (*scree plot*) em que constam as porcentagens de variação explicadas por cada componente no eixo das ordenadas e dos componentes em ordem decrescente no eixo das abscissas.

O gráfico indica os autovalores pelo número de fatores pela ordem de extração (MALHOTRA, 2006). Devem ser consideradas as componentes que estiverem antes do ponto de inflexão da curva, pois valores com representação próxima ao paralelo ao eixo das abscissas contribuem muito pouco para a explicação da variabilidade dos dados (RENCHER, 2002).

Para interpretar as componentes principais são calculados os valores próprios e os vetores próprios e decidir quantos serão considerados. Quando a interpretação ficar complexa busca-se a rotação de eixo, em que o novo eixo Y1 possua a máxima variância, o segundo eixo Y2 tenha a segunda maior variância sem ser correlacionado com o Y1. Pela posição das variáveis e das componentes no plano faz-se a análise dos resultados relacionadas ao conjunto original. Assim, é possível obter informações relevantes e verificar o impacto que a modificação de uma variável gerará no sistema.

3 I METODOLOGIA

Este estudo se baseia no desenvolvido por Senna e Souza (2019). As séries que representam os gastos do governo com os programas de assistência social são a série do Benefício de Prestação Continuada – BPC e Programa Bolsa Família – PBF. Essas séries são dadas em valores nominais pelo Ministério do Desenvolvimento Social – MDS (http://aplicacoes.mds.gov.br/sagi-paineis/analise_dados_abertos/). Por isso, passaram pelo processo de correção monetária, que auxilia na atualização dos valores incorporando a inflação do período passado em relação ao atual (PINDYCK, RUBINFELD, 2005). Para efetuar a correção o indexador utilizado foi o IGP-DI – Índice Geral de Preços, já que, é o

mesmo indexador utilizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea (http://www.ipeadata.gov.br).

As séries que representam as variáveis macroeconômicas também são oriundas do site do Ipea, essas séries já são corrigidas. Todas as séries utilizadas possuem periodicidade mensal com início em janeiro de 2004 e final em janeiro de 2021. A definição do período inicial decorre do começo do pagamento do PBF à população, visto que para a análise todas as séries devem ter a mesma periodicidade. Este estudo totaliza 204 observações que foram tratadas Statistica 9.1.

As onze séries são denominadas variáveis e identificadas de um a onze, são identificadas por V1 para o BPC, V2 para o PBF os valores corrigidos são dados em milhões de reais. As macroeconômicas V3 indica a Taxa de Inflação, representada pelo Índice de Inflação Ampla – IPCA, V4 é o Índice de Condições Econômicas Atuais – ICEA, V5 Imposto sobre Produtos Industrializados – IPI, dado em milhões de reais, V6 Produto Interno Bruto – PIB em milhões de reais, V7 Taxa de juros de curto prazo Selic Over, V8 Salário-Mínimo Real – SMr, V9 taxa de atividade TA, V10 taxa de desemprego, V11 Rendimento Médio Real habitual das pessoas ocupadas.

As onze séries utilizadas seguem às definidas por Senna e Souza (2019), exceto a V9, taxa de atividade substituída pole Índice de Atividade econômica BC, devido ao encerramento da série em fevereiro de 2016. A V10, Taxa de desemprego das Regiões Metropolitanas foi substituída pela taxa de desemprego da Região Metropolitana de São Paulo, pois a série anterior foi encerrada em fevereiro de 2016. No entanto, as séries de desemprego disponíveis foram atualizadas até junho de 2019, por isso as últimas dezenove observações foram completadas com a replicação das observações anteriores.

A variável V11 Rendimento médio real habitual - pessoas ocupadas regiões metropolitanas, por ter sido encerrada em março de 2016 foi atualizada pelos valores da série Rend. real méd. princip. hab. mensal que indica o Rendimento bruto real médio habitualmente recebido no trabalho principal que as pessoas ocupadas com rendimento tinham na semana referência. A escolha foi feita em função da proximidade dos valores e da metodologia.

O primeiro procedimento foi a correção monetária das séries do BPC e PBF pelo IGP-DI. Após foi verificada a correlação entre todas as séries do sistema para verificar a adequação delas à Análise Fatorial. Na sequência foram selecionadas as Componentes Principais e organizadas as Análises Fatoriais e discutidos os resultados obtidos.

4 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

A base do estudo foi o artigo de Senna e Souza (2019), os mesmos autores utilizaram esse conjunto de dados para a aplicação da metodologia VAR/VEC (2016) que permitiu identificar a relação entre as variáveis no curto e longo prazo. Também foi desenvolvida

a modelagem ARMAX, na qual partindo dos modelos propostos por Box Jenkins ficou evidenciado que as séries temporais dos programas de assistência social do governo são variáveis exógenas das demais do sistema (SENNA, SOUZA, 2017). Para os métodos multivariados de análise de componentes principais e análise fatorial desse estudo os resultados estão na sequência.

Iniciou-se pelo desenvolvendo a matriz de correlação, que serve de base para a verificação da existência de correlação entre as séries do sistema. Na Tabela 1 é possível verificar os resultados da matriz.

Variáveis	BPC	PBF	IPCA	ICEA	IPI	PIB	Selic	SMr	TA	TD	TR
BPC	1,00										
PBF	0,68	1,00									
IPCA	-0,07	0,02	1,00								
ICEA	-0,48	-0.03	0,03	1,00							
IPI	**0,80**	0,50	0,08	-0,29	1,00						
PIB	**0,96**	0,55	-0,04	-0,54	**0,88**	1,00					
Selic	-0,65	-0,23	0,10	0,03	-0,68	-0,69	1,00				
SMr	**0,97**	0,67	-0,06	-0.33	**0,82**	**0,93**	**-0,72**	1,00			
TA	**0,73**	**0,76**	0,03	0,05	**0,74**	0,69	-0,53	**0,80**	1,00		
TD	-0,07	-0,43	-0,23	-0,64	-0,23	0,00	0,15	-0,22	-0,57	1,00	
TR	**0,93**	0,62	0,00	-0,30	**0,86**	**0,93**	-0,73	**0,96**	**0,83**	-0,31	1,00

Tabela 1 – Matriz de correlação entre as variáveis dos programas assistenciais e macroeconômicas

$p < 0,05$.

BPC: Benefício de Prestação Continuada; PBF: Programa Bolsa Família; IPCA: Taxa de inflação; ICEA: Índice de Condições Econômicas Atuais; IPI: Imposto sobre Produtos Industrializados; PIB: Produto Interno Bruto; Selic: Taxa de juros de curto prazo Selic Over; SMR: Salário-Mínimo Real; TA: Taxa de Atividade; TD: Taxa de desemprego TR: Rendimento Médio Real habitual das pessoas ocupadas.

Fonte: autores.

Estão em destaque na Tabela 1 os valores entre 0,7 e 1, que de acordo com o método KMO são considerados com ótima a razoável em relação a adequação para os dados da análise fatorial. A série BPC possui correlação forte com as séries IPI, PIB, SMr, TA e TR. As correlações fracas com BPC são IPCA e TD, devido a característica do programa de beneficiar pessoas que não possuem condições de se tornarem autossustentáveis, a resposta possui coerência com o mercado. Neste caso, a população que recebe BPC não tem condições de exercer atividade profissional, portanto não é considerada para o cálculo da taxa de desemprego.

A série do PBF possui correlação forte com a TA e fraca com as séries IPCA, ICEA e Selic. Assim como a série anterior o PBF serve como complementação de renda para quem está em extrema pobreza e não possui relação direta com as taxas de inflação e Selic. A correlação entre BPC e PBF é de 0,68 é menor do que a apresentada no estudo

de Senna e Souza (2019) que foi de 0,98. As séries do conjunto ampliaram em 61 meses, nesse período o cenário econômico e mercadológico mudou bastante, o que pode justificar a redução da correlação entre as séries. Comparando com o período anterior muitas séries apresentaram redução no valor da correlação.

A partir do teste de correlação, pelo resultado da Tabela 1, existe correlação entre as séries, ainda que fraca, então foram calculados os autovalores para os componentes principais. Na Tabela 2 observam-se os autovalores e os respectivos percentuais de variância explicada pelas componentes.

Componentes	Autovalores	% da variância explicada	Autovalores acumulados	% da variância explicada acumulada
1	**6,46**	**58,70**	**6,46**	**58,70**
2	**2,03**	**18,48**	**8,49**	**77,18**
3	**1,03**	**9,35**	**9,52**	**86,54**
4	0,81	7,39	10,33	93,92
5	0,27	2,43	10,60	96,35
6	0,18	1,66	10,78	98,01
7	0,11	1,03	10,89	99,05
8	0,06	0,54	10,95	99,59
9	0,03	0,24	10,98	99,83
10	0,01	0,12	10,99	99,95
11	0,005	0,05	11,00	100,00

Tabela 2 – Autovalores e percentuais de explicação da variância de cada componente.

BPC: Benefício de Prestação Continuada; PBF: Programa Bolsa Família; IPCA: Taxa de inflação; ICEA: Índice de Condições Econômicas Atuais; IPI: Imposto sobre Produtos Industrializados; PIB: Produto Interno Bruto; Selic: Taxa de juros de curto prazo Selic Over; SMR: Salário-Mínimo Real; TA: Taxa de Atividade; TD: Taxa de desemprego TR: Rendimento Médio Real habitual das pessoas ocupadas.

Fonte: autores.

Pelo primeiro método de seleção, os componentes são os capazes de explicar pelo menos 80% da variância do conjunto. São três as componentes do conjunto, a primeira explica 58,70%, a segunda 18,48% e a terceira 9,35%, que juntas somam 86,54%. São selecionadas as componentes principais, o Método de Kaiser (1960), para os autovalores acima de uma unidade. Dessa forma, de acordo com a Tabela 2 o resultado coincide com o primeiro método, são as mesmas três componentes. Essa resposta difere de Senna e Souza (2019), foram geradas duas componentes principais.

Pelo método de seleção de Cattell (1966) são consideradas as componentes que estiverem posicionadas anteriores ao ponto de inflexão da curva do gráfico de declive. Na Figura 1, consta o gráfico mencionado:

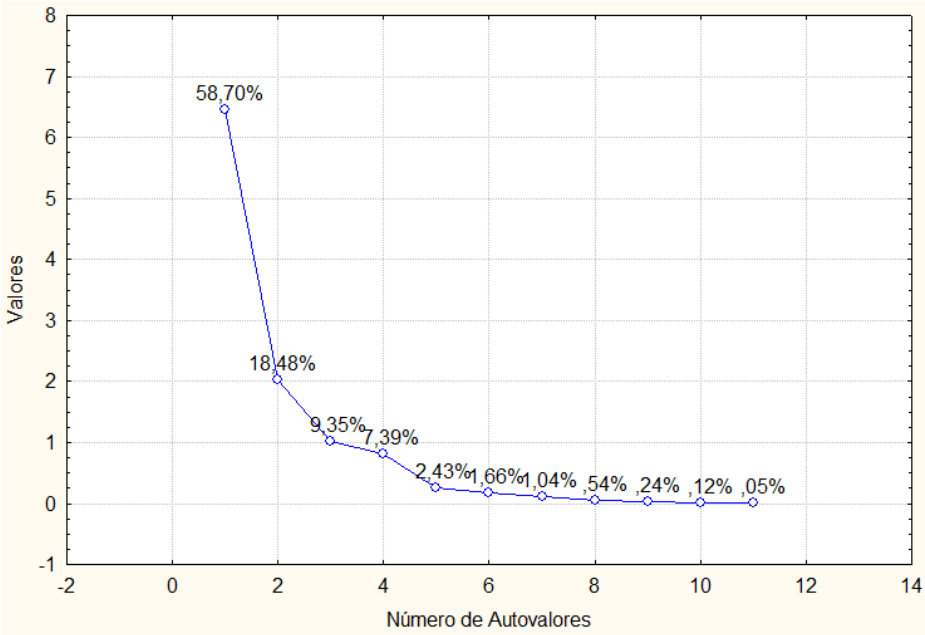


Figura 1 – Gráfico de declive das variáveis macroeconômicas (*scree plot*).

Fonte: autores.

As características de inflexão do declive da curva da Figura 1 concorda com os métodos anteriores para a definição de três componentes principais. No gráfico é possível verificar os percentuais que cada componente de explicação da variância do conjunto.

Cada componente é composta por uma carga fatorial correspondente de cada uma das variáveis do conjunto. Para definir a contribuição de cada variável para a formação de cada componente foi efetuada a matriz fatorial. Na Tabela 3 são apresentados os valores das Cargas Fatoriais antes da rotação nos eixos.

Cargas Fatoriais	Fator 1: Geração de Renda	Fator 2: Condições de Mercado	Fator 3: Inflação
BPC	0,96	0,20	0,01
PBF	0,70	-0,32	0,04
IPCA	-0,01	-0,28	0,93
ICEA	-0,31	-0,85	-0,29
IPI	0,89	0,03	0,10
PIB	0,95	0,29	0,05
Selic	-0,73	-0,01	0,26
SMr	0,98	0,05	-0,04
TA	0,85	-0,40	-0,04

TD	-0,27	0,91	-0,01
TR	0,98	-0,01	0,01
Expl.Var	7,46	3,03	2,03
Prp.Totl	0,50	0,20	0,13

Tabela 3 – Composição das Componentes e suas respectivas cargas fatoriais.

BPC: Benefício de Prestação Continuada; PBF: Programa Bolsa Família; IPCA: Taxa de inflação; ICEA: Índice de Condições Econômicas Atuais; IPI: Imposto sobre Produtos Industrializados; PIB: Produto Interno Bruto; Selic: Taxa de juros de curto prazo Selic Over; SMR: Salário-Mínimo Real; TA: Taxa de Atividade; TD: Taxa de desemprego TR: Rendimento Médio Real habitual das pessoas ocupadas.

Fonte: autores.

Na Tabela 3 tem-se as composições das três componentes geradas pelo conjunto, ou seja, a ponderação na combinação linear. No Fator 1 as variáveis que constituem são principalmente BPC, PBF, IPI, PIB, SMr e TR, a mesma composição encontrada por Senna e Souza (2019). Pela composição do Fator, este foi denominado Geração de Renda, já que, é composta pelas séries de rendimentos ou receitas. Na Figura 2 é possível visualizar essa formação em plano fatorial.

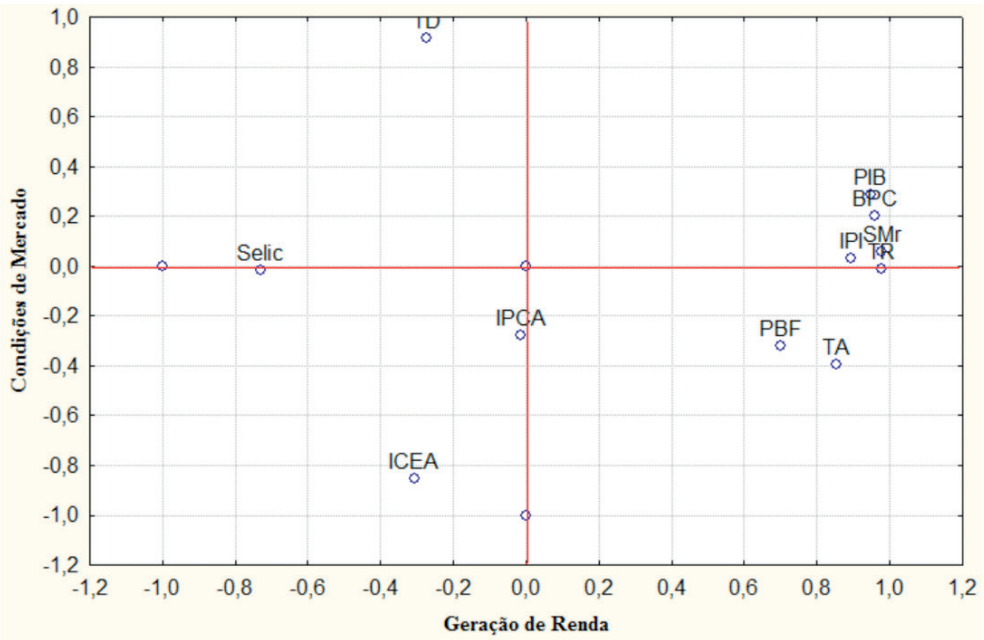


Figura 2 – Gráfico de relações entre fatores e variáveis num espaço de Cargas Fatoriais 1 e 2 não rotacionado.

Fonte: autores.

Pelo plano indicado a Figura 2 percebe-se como as variáveis estão posicionadas e suas relações de distância. O Fator 2 é composto, com maior carga das séries ICEA e TD, contudo como pode ser observado na Figura 2, em posições opostas. A denominação atribuída ao Fator 2 é Condições do Mercado, pois as séries de maior carga são relativas ao mercado e quanto melhor for o Índice de Condições Econômicas Atuais a tendência é de que menor seja a taxa de desemprego da população. Essa relação também é identificada pela metodologia aplicada.

O Fator 3 foi denominado de Inflação, já que esta é a componente que indica maior carga fatorial na composição, a que exerce maior influência. Na Figura 3, os fatores mostrados na forma bidimensional pela Figura 2, podem ser vistos no formato tridimensional que auxilia na compreensão pela inclusão do Fator Inflação.

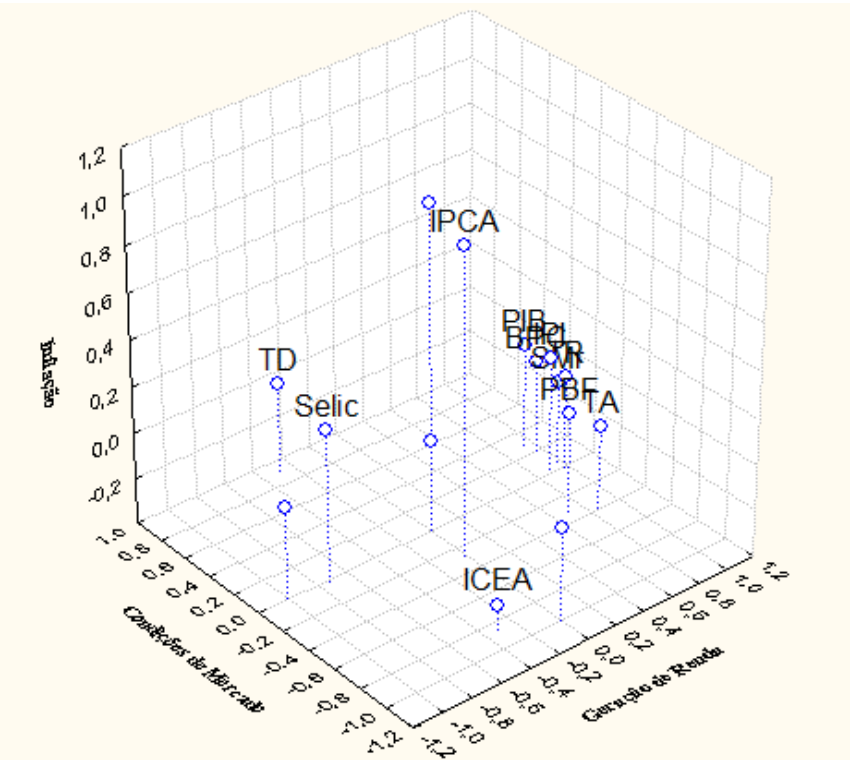


Figura 3 – Gráfico de relações entre fatores e variáveis num espaço de Cargas Fatoriais 1, 2 e 3 não rotacionado.

Fonte: Autores.

A visão tridimensional dada pela Figura 3 permite a integração do Fator Inflação, que no estudo de Senna e Souza (2019) foi incluído de modo ilustrativo. No estudo anterior o Fator Inflação obteve, pelo método de Kaiser (1960), o autovalor 0,86, por Cattell (1966),

o percentual dos dois primeiros componentes acumulava 82,40%, por isso não foi incluído como uma componente.

Neste método é possível rotacionar os eixos para facilitar a identificação dos grupos de variáveis. Existem vários tipos de rotações, a mais utilizada é a Varimax normalizada porque mantem a ortogonalidade dos eixos, ou seja, os eixos permanecem perpendiculares entre si. Rotações ortogonais são adequadas para modelos com independência de fatores. Na Tabela 4 estão dispostas as ponderações das variáveis em relação à nova disposição dos eixos.

Cargas Fatoriais (Varimax)	Fator 1: Geração de Renda	Fator 2: Condições de Mercado	Fator 3:
BPC	0,67	0,30	0,02
PBF	0,96	-0,18	-0,03
IPCA	-0,01	0,18	0,97
ICEA	-0,33	0,88	-0,18
IPI	0,90	-0,001	0,11
PIB	0,96	-0,26	0,02
Selic	-0,75	-0,07	0,21
SMr	0,98	-0,02	-0,05
TA	0,84	0,42	-0,01
TD	-0,24	-0,92	-0,11
TR	0,98	0,04	0,01
Expl.Var	7,45	3,02	2,04
Prp.Totl	0,50	0,20	0,14

Tabela 4 – Composição das componentes após a rotação de eixos e suas respectivas cargas fatoriais.

BPC: Benefício de Prestação Continuada; PBF: Programa Bolsa Família; IPCA: Taxa de inflação; ICEA: Índice de Condições Econômicas Atuais; IPI: Imposto sobre Produtos Industrializados; PIB: Produto Interno Bruto; Selic: Taxa de juros de curto prazo Selic Over; SMR: Salário-Mínimo Real; TA: Taxa de Atividade; TD: Taxa de desemprego TR: Rendimento Médio Real habitual das pessoas ocupadas.

Fonte: autores.

Rotacionar os eixos não gera interferência na variabilidade do sistema, apenas altera as coordenadas mantendo a inércia do sistema. Sendo assim, os resultados indicados na Tabela 4 seguem a configuração da Tabela 3, diferindo pouco. A mesma característica das Tabelas 3 e 4 pode ser observada na Figura 4 se comparada a Figura 2. Segue a Figura 4 para observação da posição das variáveis após a rotação Varimax Normalized.

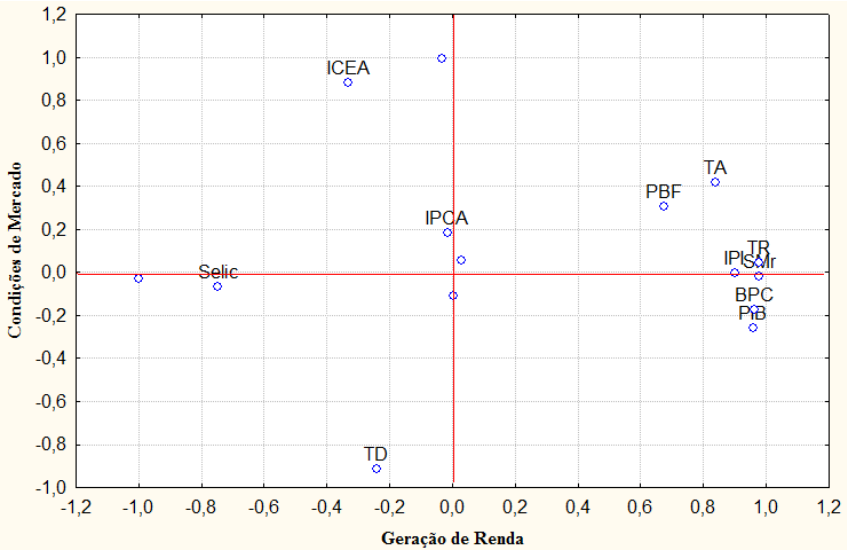


Figura 4 – Gráfico de relações entre fatores e variáveis num espaço de Cargas Fatoriais 1 e 2 rotação Varimax Normalized.

Fonte: autores.

A aplicação da rotação Varimax Normalized causou no Fator Condições de Mercado a inversão de posicionamento, com relação ao eixo das coordenadas. Desse modo, manteve a relação, mas inverteu a ponderação na composição da carga fatorial. Na Figura 4 fica indicada pela troca de posição entre TD e ICEA. A mesma situação se repete no Fator Inflação, pois a série IPCA passa para posição acima do eixa das coordenadas.

Apesar de um Fator a mais do que o estudo anterior (SENNA, SOUZA, 2019), as relações das variáveis seguem concordando com as teorias econômicas existentes. As modificações no cenário econômico não alteraram as relações e premissas teóricas. As relações vetoriais não se alteram pela rotação nos eixos como fica indicado na Figura 5.

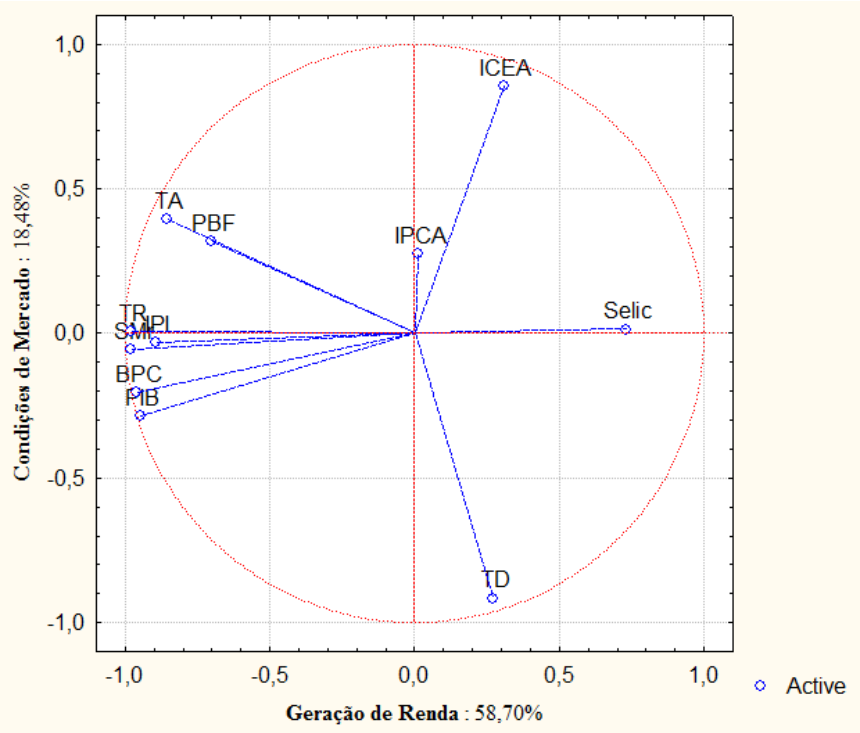


Figura 5 – Gráfico da distribuição da nuvem de variáveis no círculo de correlações.

Fonte: autores.

A Figura 5 apresenta a sobreposição do plano fatorial, Figura 2, e do círculo unitário, as variáveis que estão mais próximas do círculo unitário possuem correlações mais forte. Os ângulos formados pelas variáveis também podem indicar correlações mais fortes, como é o caso das PIB, BPC, IPI, SMr, BPC e PBF, que possuem entre si ângulos menores do que 30º. O acréscimo de 61 observações indicou a mudança de cenário mercadológico interno, pois nesse período o Brasil vem passando por uma crise econômica, agravada pela pandemia de Covid-19, que modificou o comportamento das séries. Ainda assim, os resultados apresentados pela metodologia selecionada concordam com as teorias econômicas aplicadas para o estudo do mercado interno.

5 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os programas de assistência social vigentes no Brasil desde 2004 possuem como objetivo melhorar a qualidade de vida da população. Para isso, desenvolveu vários programas assistenciais, dentre eles o BPC e PBF que visam complementar a renda daqueles que estão em situação de extrema pobreza. Esse complemento é um direito dos cidadãos que garante o mínimo necessário para uma vida digna. No entanto, essas

iniciativas públicas geram impactos na economia interna porque movimentam recursos junto ao mercado.

Para verificar como se relacionam esses programas com as variáveis econômicas internas o estudo utilizou os métodos multivariados da análise de componentes principais e análise fatorial. A seleção desses métodos foi feita devido a capacidade de reduzir a quantidade de variáveis facilitando a interpretação das informações sem a perda ou modificação da variância do conjunto original de variáveis. A redução indicada pelo estudo foi de onze séries temporais para três componentes principais com características distintas entre si.

O componente denominado Geração de Renda recebeu maior carga fatorial dos programas assistências a das séries que representam renda ou rendimentos, como é o caso do IPI, PIB, SMr, TR e TA. O Condições de Mercado reuniu as séries ICEA e TD que representa a situação do mercado e o componente Inflação recebeu a maior carga fatorial da série IPCA, por isso obteve essa denominação. As relações vetoriais encontradas entre as variáveis estão em concordância com a teoria econômica, pois aumentando a renda gerada no país, as condições econômicas da população aumentam e mais atividade produtiva é gerada, ou seja, ampliam-se as vagas de emprego.

Ao assegurar a renda mínima para os que se encontram em situação de extrema pobreza o desenvolvimento da população é incentivado e, a longo prazo, as condições gerais do país tendem a melhorar. Então, quanto maior o ICEA menor a TD, conforme a relação apresentada pelo componente Condições de Mercado. A Inflação é gerada pelo aumento nos preços dos produtos, ou seja, esta série possui caráter independente, com relação às demais variáveis do estudo. Essa explicação valida a terceira componente e sua característica diferente das anteriores.

Em comparação com o estudo desenvolvido por Senna e Souza (2019) ocorreu o aumento de uma componente, ainda que as relações tenham se mantido. Outra diferença encontrada foi o nível de força entre as correlações das séries, apesar de ainda apresentarem correlação, algumas passaram a ter correlação moderada para as ligações que eram fortes.

A metodologia multivariada foi capaz de auxiliar na análise das relações entre as variáveis identificando as séries com maior representatividade na composição dos componentes. Foi possível identificar quais dentre as séries impactam mais no conjunto se ocorrer uma mudança do seu comportamento. Então, caso o governo federal efetue a modificação nos programas de transferência de renda, acarretará alterações na economia interna.

O estudo enfrentou como limitação a descontinuidade da divulgação de algumas das séries utilizadas, em função disso foi necessária a alteração de algumas, o que pode gerar variações com relação a análise anterior. A replicação foi efetuada porque as séries dos programas de assistência social continuaram sendo divulgadas, do mesmo modo que,

os programas continuam ativos. Por isso, sugere-se a ampliação do estudo das séries dos programas BPC e PBF pela importância para a economia interna. A aplicação de outros métodos pode ampliar o debate e a exploração da temática que envolve a assistência social a população necessitada.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. M.; SOUZA, T. C. **Estimativas de Votos de Dilma Rousseff nas Eleições Presidenciais de 2010 sob o Âmbito do Bolsa Família.** Ciência e Natura, v. 37 n. 1, 2015, p. 12–22.

BRASIL. **Constituições Brasileiras: 1988**. Senado Federal e Ministério da Ciência e Tecnologia, Centro de Estudos Estratégicos. vol. VII. Brasília: 2004.

BRASIL. Ministério de Estado do Desenvolvimento Social e Agrário. **Histórico da política de Assistência Social**. Brasília, 2000.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Agrário. Secretaria Nacional de Renda de Cidadania. **Manual de Gestão de Benefícios do Programa Bolsa Família**. Brasília, DF, 2008.

BRASIL. Presidência da República. Decreto nº 1.744, de 8 de dezembro de 1995. **Regulamenta o benefício de prestação continuada**. Brasília, DF,1995.

BRASIL. Presidência da República. Decreto nº 5.209, de 17 de setembro de 2004. **Regulamenta a Lei no 10.836, de 9 de janeiro de 2004, que cria o Programa Bolsa Família, e dá outras providências**. Brasília, DF, 2004.

BRASIL. Presidência da República. Decreto nº 9.396, de 30 de maio de 2018. **Altera o Decreto nº 5.209, de 17 de setembro de 2004, e o Decreto nº 7.492, de 2 de junho de 2011, para reajustar valores referenciais de caracterização das situações de pobreza e de extrema pobreza e os de benefícios do Programa Bolsa Família**. Brasília, DF,2018.

BRASIL. Presidência da República. Decreto nº 7.492, de 2 de junho de 2011**. Institui o Plano Brasil Sem Miséria**. Brasília, DF,2011.

BRASIL. Presidência da República. Decreto n. 35.448, de 1º de maio de 1954. Senado Federal, Brasília, 2013. **Regulamento Geral dos Institutos de Aposentadorias e Pensões**. Brasília, DF,2013.

BRASIL. Presidência da República. Decreto-lei nº 72, de 21 de novembro de 1966. **Unifica os Institutos de Aposentadoria e Pensões e cria o Instituto Nacional de Previdência Social**. Brasília, DF,1966.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 3.807, de 5 de setembro de 1960. **Dispõe sobre a Lei Orgânica da Previdência Social**. Brasília, DF,1960.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 8.742, de 7 de dezembro de 1993. **Lei Orgânica da Assistência Social – LOAS**. Brasília, DF,1993.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Brasília, DF,1996.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 10.836, de 9 de janeiro de 2004. **Institui o Programa Bolsa Família. Brasília**, DF,2004.

BRASIL. Política Nacional de Assistência Social – PNAS/2004. **Norma Operacional Básica – NOB/SUAS**. Ministério do Desenvolvimento Social e Agrário. Brasília, 2004.

CAMPELLO, T.; NERI, M. C. **Programa Bolsa Família**: uma década de inclusão e cidadania. Brasília: Ipea, 2013.

CORRAR, L. J; PAULO, E.; DIAS Filho, J. M. **Análise Multivariada**: para cursos de Administração, Ciências Contábeis e Economia. São Paulo: Atlas 2014.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; SILVA, F. L.; CHAN, Betty Lilian. **Análise de dados**: modelagem multivariada para a tomada de decisões. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FIGUEIRÓ, A. L. **Entre o assistencialismo e a emancipação**: uma análise da relação entre Estado e sociedade civil, a partir das experiências do Programa Bolsa Família no entorno do Distrito Federal. 2010. 170f. Tese (Doutorado em Sociologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

GOMES, V. S. P. S. **Análise estatística multivariada aplicada a dados hidrogeológicos**. 2013. 116f. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2013.

HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 3 ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1992.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing**: uma orientação aplicada. 4 ed. São Paulo, 2006.

MARION, J. C.; DIAS, R.; TRALDI, M. C. **Monografia para os Cursos de Administração, Contabilidade e Economia**. São Paulo: Atlas, 2002.

PEREIRA, J. C. R. **Análise de dados qualitativos**: estratégias metodológicas para as ciências da saúde, humanas e sociais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

PEREIRA, L. D. **Políticas Públicas de Assistência Social brasileira**: avanços, limites e desafios. Lisboa, 2006.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. **Microeconomia**. 6 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

PINTO. J. M. **Benefícios do governo federal**: uma análise com base na teoria dos ciclos eleitorais. 2011. 91f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

PONTES, R. N. **Concepções de pobreza dos atores sociais na política de assistência social no período FHC**. Rev. Katál. Florianópolis v. 13 n. 2 p. 181-190 jul./dez. 2010.

RENCHER, A. C. **Methods of Multivariate Analysis**. Canada: Wiley, 2002.

SENNA, V. DE; SOUZA, A. M. Relação dos Gastos do Governo em Assistência Social com as Variáveis Macroeconômicas Brasileiras pela Análise Fatorial. *In*: **Engenharia de Produção**: Vetor de Transformação do Brasil. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. cap. 16, p. 208-221.

SENNA, V. DE; SOUZA, A. M. **Expense Relation Analysis in Social Program Welfare in Brazil**. Verlag: Éditions universitaires européennes, 2017.

SENNA, V. DE; SOUZA, A. M. Assessment of the relationship of government spending on social assistance programs with Brazilian macroeconomic variables. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 462, p. 21–30, nov. 2016.

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos Científicos, 1999.

YAZBEK, M. C. **Fome Zero**: uma política social em questão. Saúde e Sociedade v.12, n.1, p.43-50, jan-jun 2003.

CAPÍTULO 9

REDES NEURAIS ARTIFICIAIS NA SOLUÇÃO SIMULTÂNEA DA CALIBRAÇÃO DE CÂMERA E DA CINEMÁTICA INVERSA APLICADAS EM UM BRAÇO MANIPULADOR ROBÓTICO DIDÁTICO

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 04/05/2021

Márcio Mendonça
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM-CP)
Cornélio Procópio – PR
http://lattes.cnpq.br/5415046018018708

Marina Sandrini
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM-CP)
Cornélio Procópio – PR
http://lattes.cnpq.br/9713381415675435

Marina Souza Gazotto
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM-CP)
Cornélio Procópio – PR
http://lattes.cnpq.br/0919399626765318

Beatriz Sandrini
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM-CP)
Cornélio Procópio – PR
http://lattes.cnpq.br/9987980907193377

Marta Rubia Pereira dos Santos
ETEC- Jacinto Ferreira de Sá
Ourinhos - SP
http://lattes.cnpq.br/3003910168580444

Rodrigo Henrique Cunha Palácios
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM-CP)
Cornélio Procópio – PR
http://lattes.cnpq.br/0838678901162377

Ivan Rossato Chrun
Faculdade de Engenharia e Arquitetura (FEITEP)
Departamento de Engenharia Elétrica
Maringá – PR
http://lattes.cnpq.br/0858072527100289

RESUMO: Robótica de manipulação vem ganhando espaço nas indústrias, devido ao avanço tecnológico e por ser um dos pilares da Indústria 4.0, quando a mesma é utilizada de forma autônoma e não programada, como atualmente ainda é utilizada na maioria das aplicações, em especial montadoras de veículos. Posto isso, a pretende-se contribuir com esse trabalho a inclusão de uma técnica inteligente para solução de dois problemas clássicos e inerentes a robótica de manipulação, e consequentemente uma das etapas para o desenvolvimento de um manipulador autônomo. De um modo geral, braços manipuladores robóticos tem uma abrangente possibilidade de aplicações tais quais em indústrias, viagens espaciais e até mesmo cirurgias á distância. Seu emprego para deslocamento de objetos de um ponto ao outro é simples, mas quando se deseja manipular objetos específicos de um determinado conjunto, a tarefa se torna muito complexa. Buscando a solução para este problema, a visão computacional serve

na identificação de um objeto cuja sua coordenada é traduzida pelo braço como uma solução de sua cinemática inversa. Este trabalho propõe o desenvolvimento de Redes Neurais Artificiais para exercer as duas tarefas essenciais simultâneas de calibração de câmera e solução da cinemática inversa. Foram estudadas topologias de três configurações de Redes Neurais Artificiais com 1, 2 e 3 camadas com o objetivo de encontrar um número de neurônios por camada com menor erro. Os resultados mostraram que o Redes Neurais Artificiais de 3 camadas apresentou menor erro com a quantidade de neurônios validada. Trabalhos futuros abordarão esta configuração para casos tridimensionais, planejamento de trajetória e robótica colaborativa.
PALAVRAS - CHAVE: Redes Neurais Artificiais, Cinemática Inversa, Visão Computacional.

ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN THE SIMULTANEOUS SOLUTION OF CAMERA CALIBRATION AND REVERSE KINEMATICS APPLIED IN A DIDACTIC ROBOTIC MANIPULATOR ARM

ABSTRACT: Manipulation robotics has been gaining ground in industries, due to technological advances and for being one of the pillars of Industry 4.0, when it is used autonomously and not programmed, as it is currently still used in most applications, especially vehicle assemblers. That is intended to contribute to this work the inclusion of an intelligent technique for solving two classic problems inherent to manipulation robotics, and consequently one of the steps for the development of an autonomous manipulator. Generally, robotic arm manipulators have many applications such as in industries, space missions and even remote surgeries. It has a simple use for moving objects from one point to another, but the task becomes overly complex when the specific object belongs to a particular set. The computer vision serves as a solution for this problem and identifies an object whose coordinate is translated by the manipulator as a solution of its inverse kinematics. This work proposes the development of an Artificial Neural Networks to perform two simultaneous tasks as camera calibration and Inverse kinematics solution. Topologies of three configurations of Artificial Neural Networks with 1, 2 and 3 layers were studied to find a number of neurons per layer with less error. The results showed that the Artificial Neural Networks of 3 layers presented less error with the number of neurons validated. Future work will address this configuration for three-dimensional cases, trajectory planning and collaborative robotics.
KEYWORDS: Artificial Neural Networks, Inverse Kinematics, Computer Vision.

1 I INTRODUÇÃO

Os primeiros robôs tinham a função de substituir trabalhadores na indústria responsáveis por tarefas simples e repetitivas. Linhas de produção em série foram criadas sem a presença de humanos, possibilitando que os robôs atuassem em ordens especificas de o processo industrial de maneira simples como carregar um objeto de um ponto a outro.

Atualmente, os manipuladores precisam de mais flexibilidade quanto á manipulação de um objeto em diferentes coordenadas ou até reconhecer objetos específicos para agrupar em uma ordem correta (BEM-ARI; MONDADA, 2018). A visão computacional tem sido uma ferramenta útil para esse fim, possibilitando o controle da posse do braço robótico

em relação a um alvo através de captura de imagem (CORKE, 2011). Câmeras digitais são empregadas na robótica pelo fato de proverem mais informações que simplesmente distância ou arco de trajetória em direção a um objeto (BEM-ARI; MONDADA, 2018).

Alguns trabalhos abordam de formas diferentes a mesma situação da visão computacional com a cinemática inversa. Os autores Mishra e Meruvia (2014) propõem definir o movimento do braço robótico através de uma câmera de profundidade apta para capturar o *input* do usuário e a cinemática inversa do manipulador. Se comparada a outros métodos, essa técnica é mais simples e eficiente no processo de aprendizagem, tornando assim o processo mais intuitivo.

Já Mussabayev (2015) utiliza um algoritmo que identifica um objeto em um plano 2D e resolve o problema da cinemática inversa por meio do método iterativo de jacobiana inversa. O resultado foi, então, enviado a um Arduino microcontrolador que foi responsável por rotacionar servo motores dos cotovelos do braço robótico.

Uma aproximação da cinemática inversa é abordada por Zou et. al (2006) com a aplicação de Redes Neurais Artificiais (RNA) *Feedforward*. A velocidade de cada servo motor e o tempo de trajetória de um ponto inicial até um ponto final são estimadas pela câmera infravermelha do console Nintendo Wii. Os experimentos mostraram sucesso ao fazer o braço robótico viajar por uma trajetória estabelecida.

Uma abordagem da visão computacional combinada com o problema de múltiplas soluções não foi encontrada com aplicação em RNAs. Por isso o objetivo desse artigo consiste em desenvolver um método para solucionar o problema da cinemática inversa e a calibração de câmera através de uma única RNA. A simplificação de ambas as tarefas possibilita o cálculo de posição do manipulador no espaço e economia de cálculo computacional. Essa aplicação foi proposta por um trabalho anterior de Barros et al. (2017).

Esse trabalho está dividido da seguinte forma, na sessão 2 modelo cinemático, a 3 visão computacional, a 4 redes neurais artificiais e a 5 treinamento das redes neurais artificiais. Já a sessão 6 apresenta simulação e os resultados dessa investigação científica. A sessão 7 apresenta escolha das melhores topologias, a 8 validação e comparação dos melhores resultados. E, finalmente a sessão 9 apresentado conclusão e endereça futuras investigações.

2 | MODELO CINEMÁTICO

Segundo Craig (2005) a cinemática é a ciência do movimento que estuda as derivadas de alta ordem da posição, como velocidade e aceleração, sem considerar as forças que a causam. No âmbito da robótica de manipulador, refere-se a todas as propriedades geométricas e as propriedades em relação ao tempo de movimento. A cinemática direta propõe o estudo analítico do movimento de um braço robótico em relação a um sistema cartesiano e sua solução encontra a posição final partindo dos ângulos das juntas.

Um manipulador é um braço composto por um conjunto de seções e juntas podendo ser prismáticas, de revolução, de rosca ou esféricas. As equações cinemáticas utilizam parâmetros das juntas para determinar a posição do efetuador. A Figura1 mostra um modelo de 2 graus de liberdade (GDL) onde L_1 e L_2 sendo a dimensão das seções 1 e 2 do braço, θ_1 e θ_2 os ângulos das juntas 1 e 2 e (x,y) o ponto desejado no final da garra do manipulador.

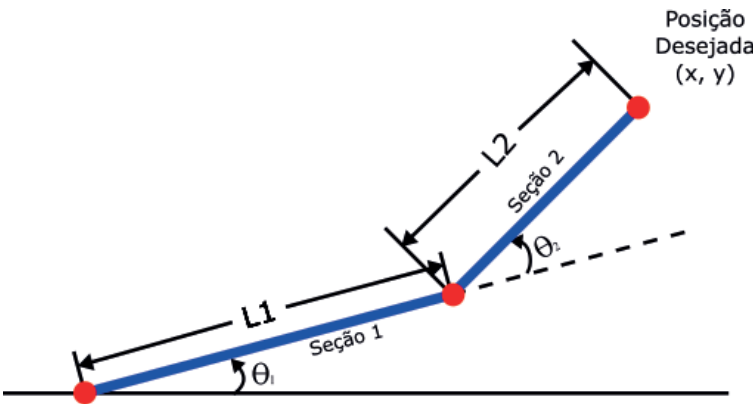


Figura 1: Modelo cinemático de um braço robótico de 2GDL em 2D.

Fonte: Autoria Própria.

Ao contrário da cinemática direta, a cinemática inversa do manipulador busca as coordenadas em graus para uma posição cartesiana final do braço. Todavia, esse processo não possui uma solução única e precisa ser calculado numericamente (CORKE, 2011). A solução pode partir de uma RNA treinada através de uma nuvem de pontos determinados pelos parâmetros de *Denavit-Hartenberg* (DH). Esses parâmetros possibilitam expressar a cinemática do manipulador para cada junta considerando um eixo de coordenadas em cada seção do braço. Na Figura 2 apresenta os seus parâmetros α_i, a_i, d_i and por junta i (CRAIG, 2005).

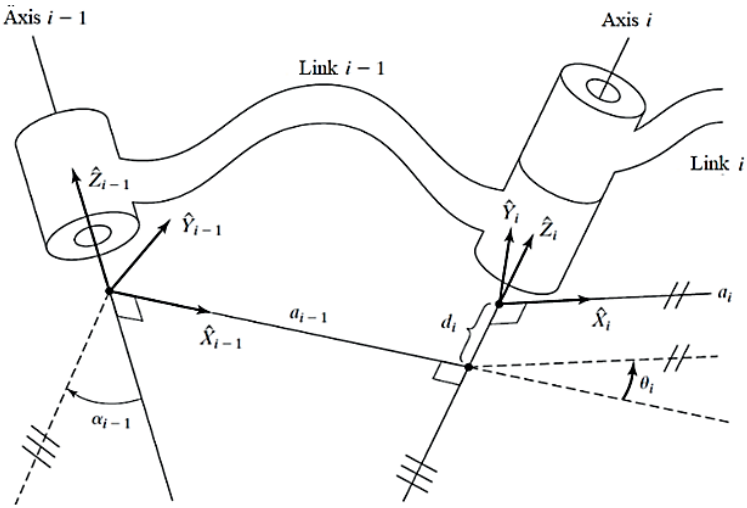


Figura 2: Seções e juntas do modelo DH.

Fonte: Autoria Própria.

Uma descrição dos parâmetros abaixo:

- a_i é a distância do eixo $\hat{Z}_i$ ao $\hat{Z}_{i+1}$ medida em $\hat{X}_i$;
- α_i é o ângulo entre os eixos $\hat{Z}_i$ e $\hat{Z}_{i+1}$ medida em $\hat{X}_i$;
- d_i é a distância do eixo $\hat{X}_{i-1}$ ao $\hat{X}_i$ medido em $\hat{Z}_i$;
- θ_i é o ângulo entre os eixos $\hat{X}_{i-1}$ to $\hat{X}_i$ medido em $\hat{Z}_i$.

Cada junta é definida pela matriz da Equação (1) (CRAIG, 2005).

$$\mathrm{T}_{\mathrm{i}}^{\mathrm{i}-1}(\theta_{\mathrm{i}}, \mathrm{d}_{\mathrm{i}}, \mathrm{a}_{\mathrm{i}}, \alpha_{\mathrm{i}}) = \begin{bmatrix} \mathrm{C}\,\theta_i & -\mathrm{S}\,\theta_i\,\mathrm{C}\,\alpha_i & \mathrm{S}\,\theta_i\,\mathrm{C}\,\alpha_i & a_i\,\mathrm{C}\,\theta_i \\ \mathrm{S}\,\theta_i & \mathrm{C}\,\theta_i\,\mathrm{S}\,\alpha_i & -\mathrm{C}\,\theta_i\,\mathrm{S}\,\alpha_i & \alpha_i\,\mathrm{S}\,\theta_i \\ 0 & \mathrm{S}\,\alpha_i & \mathrm{C}\,\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Se tratando de 2 GDL, o DH matricial será:

$$T_2^0 = T_1^0 \times T_2^1 \quad (2)$$

O modelo DH usado neste trabalho é mostrado na Tabela 1 e é definido pelo robô da Figura 3.

Seção	α (°)	D (mm)	A (mm)	Θ (°)
1	90	70	0	θ_1
2	0	0	142	θ_2
3	-90	0	145	θ_3

Tabela 1: Parâmetros do Modelo DH.

Fonte: Autoria Própria.

Figura 3: Robô AR7 base para os parâmetros DH da simulação.

Fonte: Autoria Própria.

3 I VISÃO COMPUTACIONAL

A visão computacional se relaciona com as formas que um computador ou maquina vê o ambiente ao redor (GONZALEZ; WOODS, 2002). A captação de imagens é fundamental para manipuladores assim como é para humanos. Da mesma forma que o cérebro identifica objetos e características do ambiente, o robô precisa igualmente processar a imagem capturada pela câmera (BEM-ARI; MONDADA, 2018). O primeiro passo é a calibração de câmera, pois ela permite uma correlação entre as coordenadas da imagem e as coordenadas do mundo real, incluindo parâmetros com a posição, orientação e centro focal (WOO; PARK, 2009).

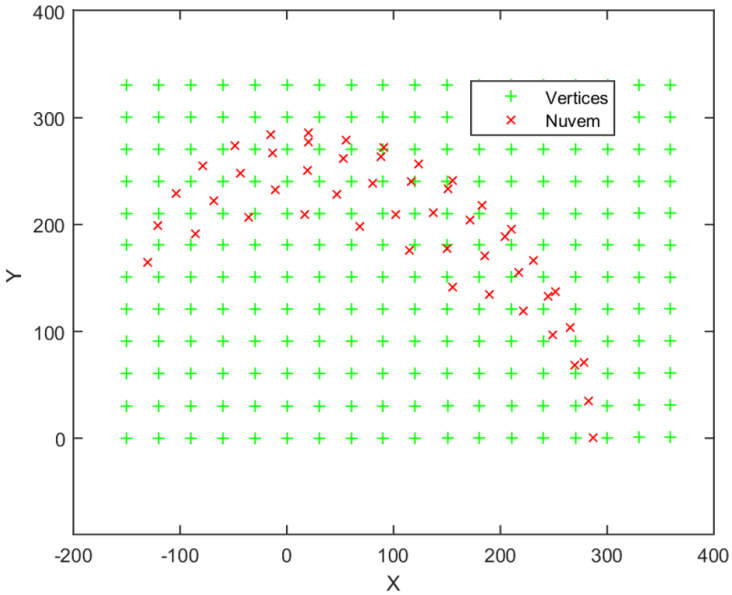


Figura 4:Nuvem de pontos sobre o tabuleiro de calibração 2D.

Fonte: Autoria Própria.

No procedimento de calibração, a simulação considera uma câmera posicionada de modo a captar todo o campo de visão dentro do alcance do braço no plano 2D desejado. A calibração de câmera é feita pelo algoritmo de *Harris* (*Harris Corner Extraction Algorithmno*) no MATLAB, que extrai os vértices da imagem 2D, vista na Figura 4, e cria uma relação da distância entre vértices na imagem e a distância verdadeira de 20 mm no mundo real (JIN; RUI, 2011) (GUO; HE; GUAN, 2017) (SUN et al., 2016) (YUAN et al, 2013).

A Figura 4 representa um gráfico de erros, sendo os vértices do tabuleiro representados por “+” verdes, e a nuvem de pontos do DH, em “x” vermelhos. Os pontos verdes são os resultados desejados e a nuvem mostra os resultados alcançados. Sendo assim, é possível ver a calibração de câmera, com a correlação entre as coordenadas da imagem e as coordenadas do mundo real.

4 I REDES NEURAIS ARTIFÍCIAIS

Redes Neurais Artificiais são métodos computacionais inspirados no sistema nervoso humano. Possuem capacidade de aquisição e manutenção de conhecimento e podem ser definidas como conjuntos de unidades de processamento. Cada uma delas é caracterizada por neurônios artificiais e são interligados por muitas interconexões ou sinapses artificiais representadas por vetores e matrizes de pesos sinápticos (DA SILVA et al., 2017). Generalizando, RNAs são máquinas que modelam uma solução para uma tarefa

específica ou problema em particular. Sua implementação é realizada em simulação de software computacional ou por componentes eletrônicos (HAYKIN, 2009).

O uso desse método apresenta benefícios quanto ao custo computacional. O seu algoritmo tem a habilidade de chegar a soluções aproximadas de problemas complexos pela sua estrutura de distribuição paralela maciça e capacidade de treinamento (aprendizado). Na prática, RNAs precisam ser integradas a sistemas com aplicação em engenharia (HAYKIN, 2009). Neste contexto estão diversos problemas como aproximar funções, controle de processos, reconhecimento de padrões, sistemas de previsão entre outros. O Comportamento dos neurônios está diretamente ligado ao algoritmo de aprendizado escolhido para o treinamento e pode ser classificado em três classes fundamentais: camada única, multicamada e *recurrent network* (HAYKIN, 2009).

5 I TREINAMENTO DAS REDES NEURAIS ARTIFÍCIAIS

A fase de treinamento visou desenvolver RNAs para exercer duas tarefas simultaneamente: a calibração da câmera e a solução da cinemática inversa. Os dados de treinamento consistem em escolher os vértices do tabuleiro dentro do alcance do robô. Esses pontos de coordenada cartesiana (x,y) possuem uma coordenada (θ_1,θ_2) correspondente das juntas do braço. O levantamento de dados foi feito utilizando o solver do MATLAB para simular uma medição manual do operador. Cada solução encontrada obedecia a um padrão para que se evitasse erro no treinamento.

6 I SIMULAÇÃO E RESULTADOS

A proposta desta análise topológica é investigar a quantidade ideal de neurônios por camada com o menor erro. O estudo se divide em três topologias diferentes no número de camadas e iguais no total de neurônios. A Figura 5 mostra o passo a passo da simulação dividindo as topologias em três colunas: sendo a primeira coluna correspondendo a um RNA de 1 camada e as demais colunas referentes às RNAs de 2 e 3 camadas. Os critérios de comparação utilizados foram ás médias do erro relativo e do desvio para os eixos X e Y no plano cartesiano.

O algoritmo de treinamento foi o *Levenberg-Marquadt* (L-M) com função de ativação tangente hiperbólico (*tansig*) nas camadas intermediarias e a função rampa simétrica (*ramp*) na camada de saída. O método de validação cruzada foi utilizado na busca de um mínimo local do erro (Haykin, 2009) e buscou-se empiricamente um erro de performance de no mínimo $1{,}0 \times 10^{-8}$.

A Figura 6 mostra os erros relativos de X e Y e média de erros relativos presente na Topologia de uma camada de neurônios. O resultado da simulação em MATLAB para uma camada de neurônios. As fases de treinamento e teste foram executadas num total de 10 vezes. Inicialmente, 6 neurônios foram introduzidos no treinamento do RNA e a cada novo

treinamento, 6 neurônios eram incrementados.

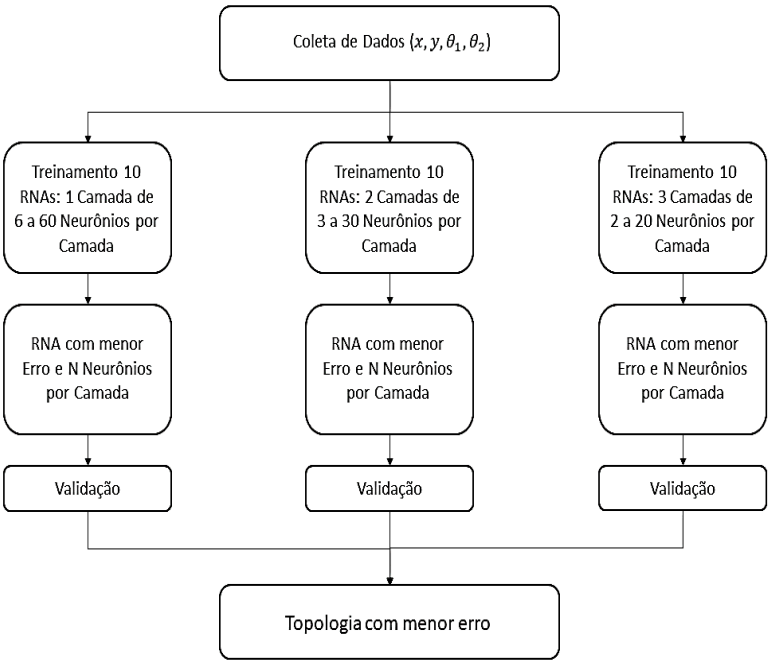


Figura 5: Passo a passo da simulação.

Fonte: Autoria Própria.

A Figura 6 apresenta os resultados do experimento, e mostra que os erros das posições em X são menores que as posições em Y. Em relação a X, o resultado mais preciso está nas primeiras camadas, e o resultado com maior desvio está na última camada. Já em relação a Y, os maiores desvios estão presentes nas três últimas camadas.

A Figura 7 apresenta os erros relativos de X e Y e média de erros relativos presente na Topologia de duas camadas de neurônios. Os resultados são explanados, porém se diferem da primeira situação, por causa distribuição proporcional de neurônios em suas duas camadas. A determinação do número de neurônios em cada camada foi incremental de 3 em 3 até 30.

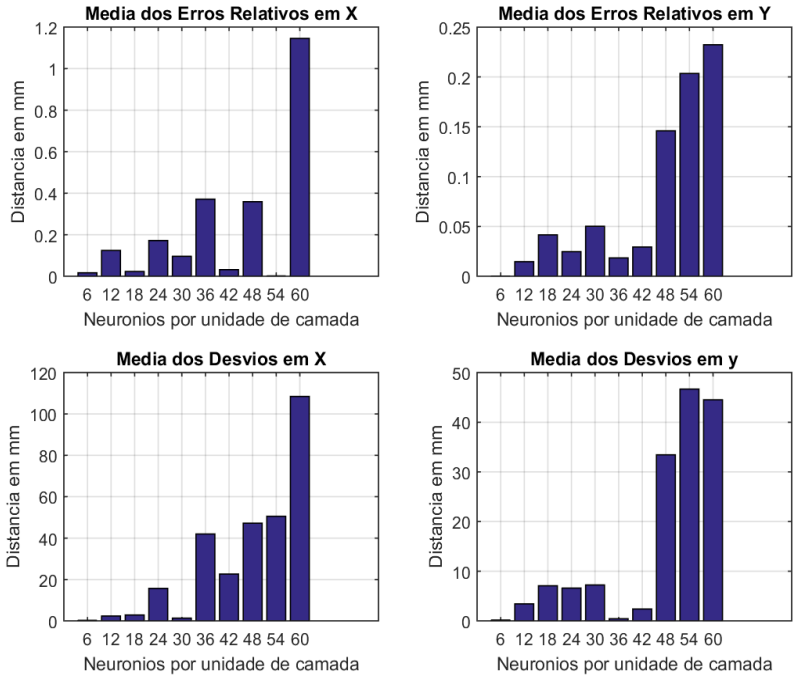


Figura 6: Erros relativos de X e Y, incremento de 6 em 6 neurônios.

Fonte: Autoria Própria.

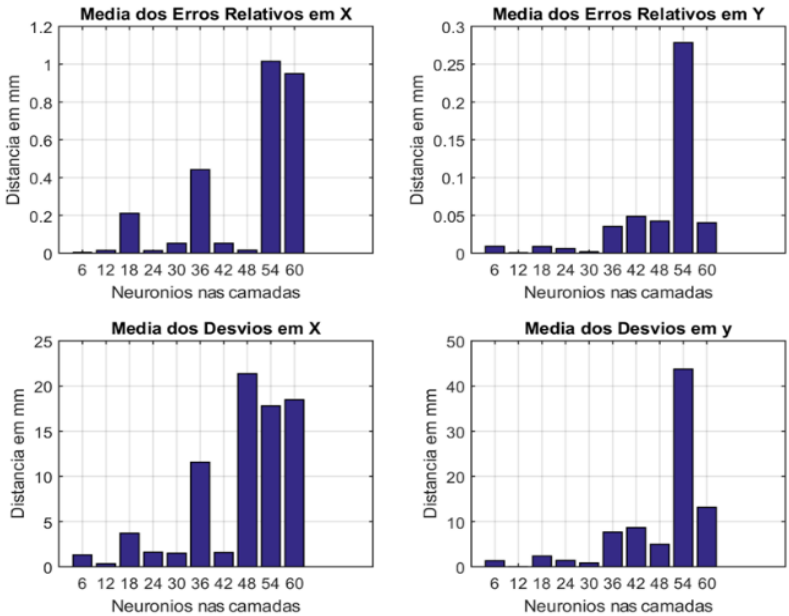


Figura 7: Erros relativos de X e Y, incremento de 3 em 3 neurônios.

Fonte: Autoria Própria.

A Figura 7 apresenta os resultados do experimento, e mostra que os erros das posições em X são maiores que das posições em Y. Em relação a X, tem um desvio maior na maior parte das camadas. Sendo Y mais preciso, pois apresenta um maior desvio em apenas uma camada.

Já na última topologia de três camadas representada na Figura 8 possui distribuição análoga as anteriores, assim como a sua determinação do número de neurônios de 2 em 2 até 20. A Figura 8 apresenta os erros relativos de X e Y e média de erros relativos presente na Topologia de três camadas de neurônios

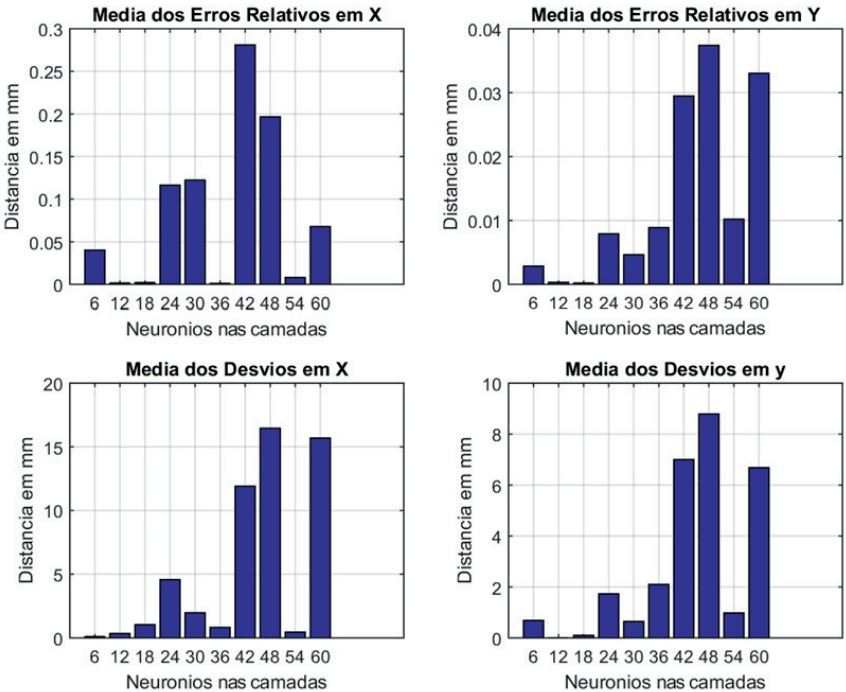


Figura 8: Erros relativos de X e Y, incremento de 2 em 2 neurônios.

Fonte: Autoria Própria.

A Figura 8 apresenta os resultados do experimento, e mostra que os erros das posições em X são semelhantes que as posições em Y. Em relação a X e Y, os resultados são mais precisos nas primeiras camadas.

7 I ESCOLHA DAS MELHORES TOPOLOGIAS

A melhor configuração para cada topologia significa a menor ocorrência de erro se comparadas nos três casos. Os pontos testados em todos os casos foram os mesmos e por isso a comparação entre os resultados desta fase pode ser realizada.

Vale notar que, como o sistema de treinamento escolhido, o número de épocas das topologias não foi considerado relevante e servia como critério de parada. Todavia, treinamentos foram excluídos ao atingirem o número máximo de épocas sem alcançar o mínimo coeficiente de performance.

Analisando a média de erros relativos e de desvios em ambos os eixos, percebe-se que, no geral, os testes apresentaram melhores resultados quando as RNAs foram treinadas com 12 neurônios distribuídos entre as camadas de cada caso. Todavia, se analisados separadamente, a topologia com 6 neurônios teve o menor erro para uma camada. Este resultado é desconsiderado devido á validação cruzada, pois, como visto na Tabela 2, o coeficiente de performance não atingiu o critério de parada desejado de 1,0 x 10^{-8} e parou antes ao atingir o número limite de 5.000 épocas de treinamento.

Neurônios	Performance do caso 01	Épocas do caso 01	Performance do caso 02	Épocas do caso 02	Performance do caso 03	Épocas do caso 03
6	$6{,}7761 \times 10^{-05}$	5000	$1{,}2613 \times 10^{-04}$	5000	$2{,}9433 \times 10^{-04}$	5000
12	$9{,}9798 \times 10^{-09}$	2583	$9{,}9967 \times 10^{-09}$	1096	$9{,}9923 \times 10^{-09}$	2408
18	$9{,}9137 \times 10^{-09}$	184	$7{,}4371 \times 10^{-09}$	99	$9{,}6415 \times 10^{-09}$	268
24	$4{,}5780 \times 10^{-10}$	69	$6{,}2473 \times 10^{-11}$	9	$6{,}1545 \times 10^{-10}$	9
30	$8{,}8001 \times 10^{-09}$	13	$3{,}8868 \times 10^{-10}$	6	$8{,}4195 \times 10^{-11}$	28
36	$1{,}8970 \times 10^{-12}$	5	$9{,}0038 \times 10^{-09}$	6	$1{,}9863 \times 10^{-13}$	11
42	$9{,}5512 \times 10^{-12}$	5	$5{,}4463 \times 10^{-16}$	5	$7{,}0409 \times 10^{-15}$	9
48	$3{,}7422 \times 10^{-09}$	4	$6{,}2169 \times 10^{-09}$	4	$4{,}8235 \times 10^{-10}$	6
54	$7{,}4396 \times 10^{-14}$	4	$3{,}3486 \times 10^{-11}$	4	$1{,}3676 \times 10^{-09}$	5
60	$3{,}0722 \times 10^{-13}$	4	$1{,}1007 \times 10^{-09}$	4	$1{,}2183 \times 10^{-15}$	5

Tabela 2: Coeficiente de Performance e Épocas das Topologias.

Fonte: Autoria Própria.

O coeficiente de performance (*training performance*) é uma função presente no *Software* MATLAB para avaliar o desempenho da rede neural artificial. Essa ferramenta calcula do erro quadrático médio (MSE) na comparação entre o resultado desejado pelo treinamento e o resultado atingido a cada época de treinamento (MATHWORKS, 2006).

8 I VALIDAÇÃO E COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

Etapa de validação permite constatar qual o número de camadas se adequa a quantidade de neurônios escolhida na seção anterior. Como na seção de topologias, o processo é dividido em três casos distribuindo proporcionalmente os 12 neurônios entre as camadas, mantendo as configurações dos RNAs anteriores.

O primeiro caso possui uma única camada com 12 neurônios, as Figuras a seguir apresentam a validação dos pontos, onde círculos são os pontos desejados e os asteriscos

são os pontos calculados pela RNA e um histograma dos desvios dos pontos em milímetros. A Figura 9 é dividida em duas partes para um melhor entendimento dos resultados obtidos após a validação. Essa compara a posição dos pontos de validação, os círculos em vermelho e os pontos calculados pela RNA, os asteriscos em azul.

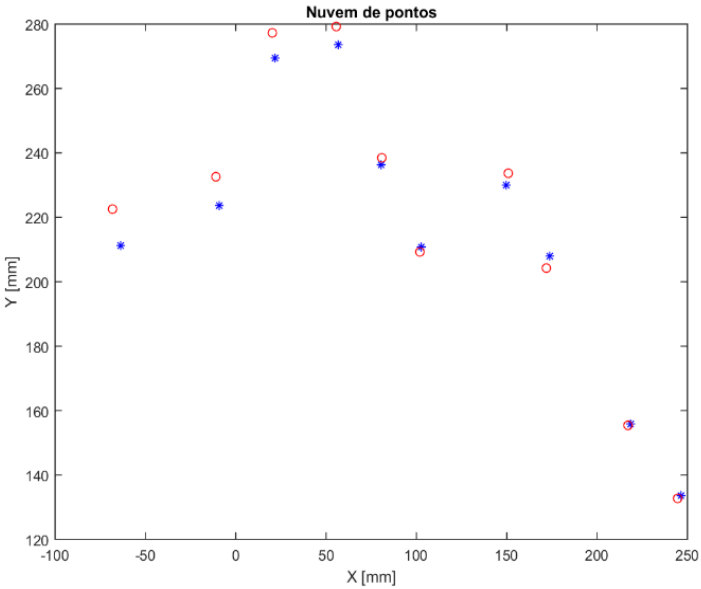


Figura 9: Pontos alcançados no espaço 2-D, no 1° caso.

Fonte: Autoria Própria.

Já na Figura 10, apresenta um histograma da distribui os pontos entre intervalos de desvio em ambos os eixos X e Y em milímetros. Nota-se que alguns pontos apresentaram desvio maior que 4 mm no eixo Y.

O segundo caso possui 12 neurônios distribuídos igualmente por duas camadas, mantendo as configurações de validação anteriores. A Figura 11 mostra uma maior aproximação entre os círculos vermelho, os pontos de validação e os asteriscos azuis, os pontos calculados pela RNA treinada com duas camadas.

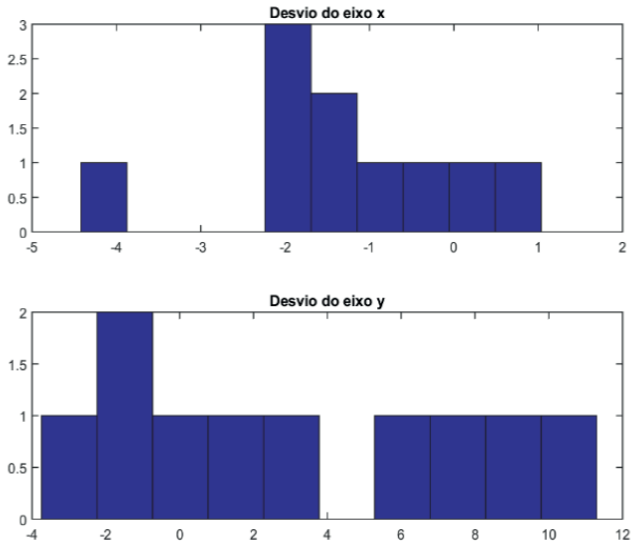


Figura 10: Histograma do 1° caso.

Fonte: Autoria Própria.

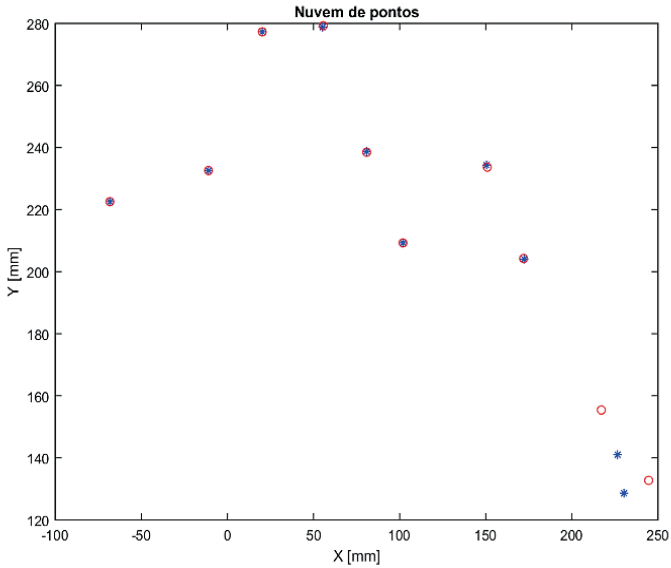


Figura 11: Pontos alcançados no espaço 2-D, no 2° caso.

Fonte: Autoria Própria.

Logo, na Figura 12, os histogramas mostram uma maior concentração de pontos com desvios em X e Y próximos de zero, embora dois pontos apresentem desvios muito altos.

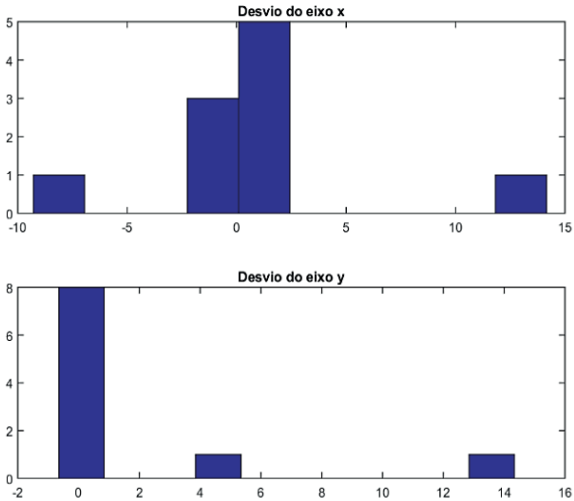


Figura 12: Histograma do 2° caso.

Fonte: Autoria Própria.

No último caso distribuiu os 12 neurônios entre 3 camadas para o treinamento. Os resultados apresentaram melhor precisão, na Figura 13 devido a uma maior aproximação entre os pontos de validação e os pontos calculados pela rede, se comparado com os casos anteriores.

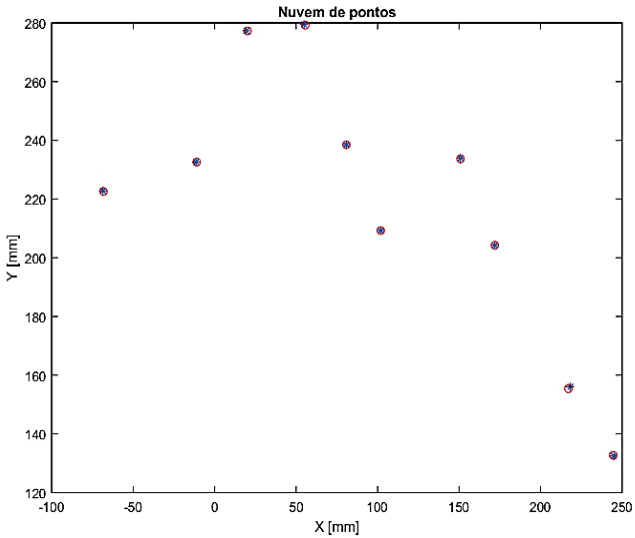


Figura 13: Pontos alcançados no espaço 2-D, no 3° caso.

Fonte: Autoria Própria.

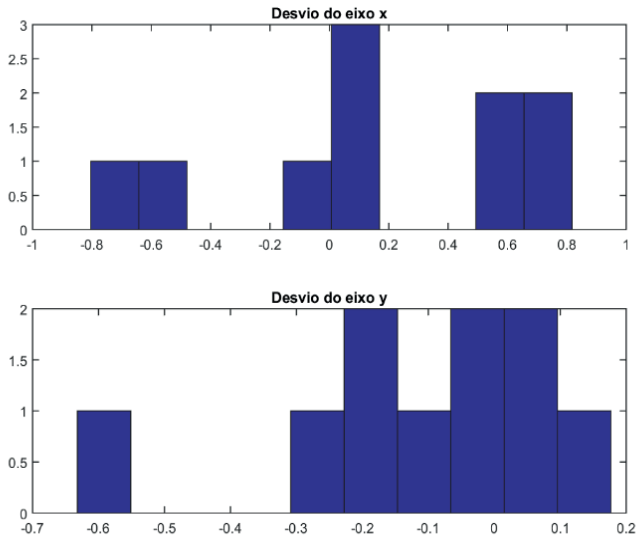


Figura 14: Histograma do 3° caso.

Fonte: Autoria Própria.

Analisando os histogramas na Figura 14 percebe-se uma maior quantidade de pontos com desvio próximo a zero. O terceiro caso apresentou um desvio em ambos os

eixos dentro de um intervalo entre -1 mm e 1 mm, 15 vezes menor em comparação com os outros dois casos.

9 | CONCLUSÃO

A proposta de unir a calibração de câmera à solução da cinemática inversa no treinamento da mesma RNA mostrou-se mais precisa para 4 neurônios em 3 camadas (total de 12) se comparado aos outros casos de 1 e 2 camadas. A precisão apresentada mostrou uma aproximação menor que 1 mm entre os pontos calculados pela RNA e os pontos de validação. Desvios menores que 0,2 mm em módulo foram observados no eixo X, por 4 pontos, e no eixo Y, por 8 pontos, enquanto os outros casos mostraram desvios maiores que 1 mm em muitos pontos – alguns com até 14 mm. Esse método se mostra eficiente na economia computacional ao exercer a função de duas RNAs em apenas uma, economizando também tempo na coleta de dados para treinamento e solução do problema.

Futuros trabalhos endereçam inserir planejamento de trajetória aplicando esse método proposto em um manipulador robótico por meio de visão computacional utilizando duas câmeras em 3 dimensões e aplicações empregando conceitos de robótica colaborativa.

REFERÊNCIAS

BARROS, R. V. P. D. ET AL. **Visão Computacional e Redes Neurais Artificiais aplicadas à solução da cinemática inversa de um manipulador robótico**. VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa, PR, BR: APREPRO, 2017

BEN-ARI, M.; MONDADA, F. **Elements of Robotics**. Springer International Publishing, 2018.

CORKE, P. **Robotics, Vision and Control. Fundamental Algorithms in MATLAB.** Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011.

CRAIG, J. J. **Introduction to Robotics: Mechanics and Control**. 3 ed. Upper Saddle River, USA: Pearson Prentice Hall, 2005.

GONZALEZ, R. C.; WOODS., R. E. **Digital Image Processing**. 6 ed. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall, 2002.

GUO, F., HE, Y.; GUAN, L. RGB-D. **Camera Pose Estimation Using Deep Neural Network.** IEEE Global Conference on Signal and Information Processing (GlobalSIP), p. 408–412, 2017.

HAYKIN, S. **Neural Networks and Learning Machines**. 3 ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, 2009.

JIN, L. G.; RUI, L. G. **Camera Calibration for Monocular Vision System Based on Harris Corner Extraction and Neural Network. International Conference on Consumer Electronics**, Communications and Networks (CECNet), p. 1–4, 2011.

MATHWORKS. **Mean Squared Normalized Error Performance Function (MSE)**. Available in: <https://www.mathworks.com/help/deeplearning/ref/mse.html?searchHighlight=mse&s_tid=doc_srchtitle>. Accessed: 06 nov. 2018.

MISHRA, A. K.; MERUVIA-PASTOR, O. **Robot Arm Manipulation Using Depth-Sensing Cameras and Inverse Kinematics**. Oceans - St. John's, p. 1–6, 2014.

MUSSABAYEV, R. R. **Colour-Based Object Detection, Inverse Kinematics Algorithms and Pinhole Camera Model for Controlling Robotic Arm Movement System.** Twelve International Conference on Electronics Computer and Computation (ICECCO), p. 1–9, 2015.

DA SILVA, I. N. ET AL. **Artificial Neural Networks: A Practical Curse**. 1 ed. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 2017.

SUN, J. ET AL. **Camera Calibration and Its Application of Binocular Stereo Vision Based on Artificial Neural Network**. 9th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI), p. 761–765, 2016.

WOO, D.; PARK, D. **Implicit Camera Calibration Using MultiLayer Perceptron Type Neural Network.** First Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems, p. 313–317, 2009.

YUAN, M. ET AL. **A New Camera Calibration Based on Neural Network with Tunable Activation Function in Intelligent Space**. Sixth International Symposium on Computational Intelligence and Design, p. 371–374, 2013.

ZOU, A. ET AL. **Neural Networks for Mobile Robot Navigation: A Survey. Advances in Neural Networks** - ISNN 2006, n. 2, p. 1218–1226, 2006.

CAPÍTULO 10

PREVISÃO DE DEMANDA DE CARROS NO BRASIL: COMPARAÇÃO ENTRE OS MODELOS CONVENCIONAIS E A REDE NEURAL RECORRENTE BIDIRECIONAL LSTM

Data de aceite: 01/07/2021

Everton Vaz de Campos
MBA em Gestão da Produção, pós-graduado na Universidade estadual paulista (UNESP) e graduado em Engenharia de Produção Mecânica pela Faculdade Anhanguera de Taubaté

RESUMO: A previsão de demanda tem como finalidade diminuir os custos, aumentar os lucros e construir um controle sobre o gerenciamento dos seus recursos, para o atendimento das futuras demandas. Do mesmo modo que a previsão auxilia para o crescimento competitivo das empresas, permeia a dificuldade nas organizações de implementar ferramentas que sejam claras e objetivas. Dessa maneira, o modelo de rede neural tem a finalidade de usar a inteligência artificial para aprender com os dados passados e prever o futuro. Outrossim, atribuir parâmetros ou variáveis para aumentar a taxa de aprendizagem, ou seja, obter valores de previsão com maior acurácia e precisão. Uma evolução das redes neurais *FeedFoward*, são as redes neurais recorrentes Bi-LSTM que consegue lembrar valores em intervalos de tempo arbitrários, regulando o fluxo de informações da rede e resolvendo o problema do desvanecimento do gradiente na rede neural recorrente. Nos comparativos com os modelos convencionais de previsão de demanda, tais como, modelo de média simples, exponencial e modelo auto-regressivo integrado de médias móveis (ARIMA), o modelo de rede neural recorrente Bi-LSTM foi o que obteve melhor acurácia (93,4%) entre todos os testes. A previsão de demanda de automóveis no Brasil para o mês de junho de 2019, com relação ao primeiro mês do ano, é de tendência de crescimento de 1,2% para o modelo de média simples e de 2,78% para o modelo de RNR Bi-LSTM.

PALAVRAS - CHAVE: Previsão de demanda, rede neural, aprendizagem, competitividade.

CAR DEMAND FORECAST IN BRAZIL: COMPARISON BETWEEN CONVENTIONAL MODELS AND LSTM BIDIRECTIONAL RECURRENT NEURAL NETWORK

ABSTRACT: Demand forecasting aims to lower costs, increase profits and build control over the management of its resources to meet future demands. Just as forecasting aids in the competitive growth of companies, it pervades the difficulty in organizations to implement tools that are clear and objective. In this way, the neural network model is intended to use artificial intelligence to learn from past data and predict the future. Furthermore, assigning parameters or variables to increase the learning rate, that is obtaining prediction values with greater accuracy and precision. An evolution of FeedFoward neural networks, Bi-LSTM recurrent neural networks are able to remember values at arbitrary time intervals, regulating the information flow of the network and solving the gradient fading problem in the recurrent neural network. Compared to conventional demand forecasting models, such

as the simple average exponential model and the integrated autoregressive moving average model (ARIMA), the Bi-LSTM recurrent neural network model was the one that obtained the best accuracy (93,4%) among all tests. The forecast for car demand in Brazil for June 2019, compared to the first month of the year, is for a growth trend of 1.2% for the simple average model and 2.78% for the RNR Bi-LSTM.
KEYWORDS: Sales forecasting, neural network, learning, competitiveness.

1 I INTRODUÇÃO

Araújo et al. (2018), aborda a previsão como uma ferramenta estratégica da empresa para se tornar mais competitiva perante o mercado. Ele relata que a previsão de demanda, diminui os custos, aumenta os lucros e constrói um controle sobre o gerenciamento dos seus recursos para o atendimento das demandas futuras.

Segundo Almeida (2018), o investimento em novas tecnologias para a tomada de decisão sempre estiveram presentes nas indústrias, como parte de vantagens competitivas. Esse investimento, é essencial para a empresa ter uma estratégia de compra, produção, venda, *marketing*, previsão expansiva, e fluxo de estoque.

Para Aig (2016), o ritmo da tecnologia está em rápida evolução e as demandas dos clientes exigem a comunicação e colaboração. Novas ferramentas, maiores conjuntos de dados e mudanças de expectativas dos clientes, estão exigindo o compartilhamento das informações das empresas para trabalhar em conjunto.

Segundo Almeida (2018), a rede neural pode ser aplicada em modelos de previsões para estipular situações futuras com base nos dados passados.

Segundo Ferrreira et al. (2016), o modelo de rede neurais artificiais utilizado na previsão de demanda de encomendas, identificou padrões de comportamento em um ambiente logístico complexo. Ele enfatiza a importância de ter novos experimentos com redes neurais artificiais, baseados em outros problemas de previsão demanda, para a validação do modelo.

A pesquisa tem como objetivo principal fazer um comparativo entre os métodos convencionais de previsão e a rede neural artificial para prever a demanda de carros no Brasil.

2 I PREVISÃO DE DEMANDA

A previsão de demanda refere-se a uma compra futura do cliente de um determinado produto, prevendo através da extrapolação dos dados históricos de vendas. (PERERA et al., 2019).

A previsão estatística tem como objetivo, através de dados passados, prever os dados futuros; utilizando os modelos matemáticos e estatísticos.

2.1 Média Móvel Simples

A previsão de média móvel simples (MMS) utiliza um número de dados reais passados para prever o futuro. Esse método é útil se pudermos supor que os dados serão estáveis durante todo o período de previsão. (RAHARJO; HAYATI; WAHYUNINGSIH, 2016).

A equação 5 representa o modelo da média móvel simples (MMS):

$$F_T = \frac{Y_{T-1} + Y_{T-2} + \cdots + Y_{T-n}}{n} \quad (1)$$

Onde:

Y_T é a Demanda real observado no período T;

F_T é a previsão para o Período T;

n é a quantidade de períodos observados.

2.2 Suavização Exponencial

Segundo Nakano et. al. (2017), uma outra opção efetiva para a previsão é o modelo de suavização exponencial.

$$F_T = \alpha Y_{T-1} + (1 - \alpha) F_{T-1} \quad (2)$$

Onde:

F_T é a previsão para o Período T;

α é a constante de suavização (0< α <1);

F_{T-1} é a previsão para o período T-1.

2.3 Componente Sazonal

É usado para eliminar o efeito sazonal dos dados da série temporal. Consiste na eliminação de componentes irregulares pela média dos valores mensais ao longo dos anos pretéritos. (SHUKLA; TRIVEDI, 2017)

A componente sazonal é obtida de acordo com as seguintes etapas:

- Classificação e organização dos dados por anos, semestres, trimestres ou meses;
- Cálculo da média dos meses pretéritos;
- Divide o valor de cada mês pela média dos meses, obtendo a componente sazonal;

A Equação 7 representa a componente sazonal:

$$CS = \frac{Y_T}{\bar{Y}_T} \quad (3)$$

Desse modo, a equação de previsão sazonal fica da seguinte forma:

$$F_{TS} = CS.F_T \tag{4}$$

Onde:

CS é a componente sazonal;

F_T é a previsão para o período, seja de média simples ou exponencial.

2.4 Modelo ARIMA

O modelo de Auto-regressivo Integrado de Médias Móveis (ARIMA) tem como finalidade prever valores e movimentos futuros de padrões de dados não estacionários. O mesmo autor relata que o modelo ARIMA é um modelo ARMA de generalização, ou seja, uma combinação de média móvel do modelo autoregressivo. (PEMATHILAKE et al., 2019)

A diferença entre os modelos é que o ARMA é recomendado para prever sequências aleatórias estacionárias, onde suas propriedades não mudam com o tempo; e o modelo ARIMA é indicado para as séries não estacionárias (que mostra algum tipo de tendência ou periodicidade ao longo do tempo), que a partir a diferenciação torna-se estável. (TANG et al., 2018)

De acordo com Kumar e Upadhayay (2019), o modelo ARIMA pode ser descrito como ARIMA (p, d, q), onde: 'p' é o termo autoregressivo; 'd' é o intervalo de erro de previsão futura defasado na equação de predição; 'q' é o intervalo de distinção não sazonal.

A equação 9, representa a função do modelo ARIMA:

$$(1 - \sum_{i=1}^{p} \varphi_i L^i)(1 - L)^d X_t = (1 + \sum_{i=1}^{q} \theta_i L^i)\varepsilon_t \tag{5}$$

Onde:

L é o operador de defasagem;

φ é o polinômio ligado ao operador autoregressivo de ordem p;

Θ é o polinômio ligado ao operador de média móvel de ordem q;

$\mathcal{E}_t$ é o processo de ruído branco (Média igual a zero e variância constante).

Segundo Lasheras et al. (2015), a identificação do componente estocástico (p, d, q) é definido em 3 (três) etapas, sendo a primeira identificado por tentativas com base em informações preliminares; a segunda, com base no modelo experimental, ou seja, os parâmetros são estimados; e a terceira, através do uso de coeficientes estimados.

Existem três tipos de estatísticas que são utilizados para definir os melhores parâmetros do Modelo ARIMA:

- *Bayesian Information Criterion* (BIC): Baseia-se na comparação de ajustes de modelo usando índice de comparação de modelos, que avalia a precisão e a medida pelo número de cada parâmetro. (RIBEIRO; VIEIRA DE PAULA, 2016)
- Akaike information criterion (AIC): Estima a quantidade de perda de um modelo

de previsão, que pode ser usado em conjunto com o parâmetro BIC. Quanto menor o indicador BIC e AIC melhor será o ajuste do modelo. (DZIAK et al., 2019)

- Teste Dickey-Fuller Aumentado (ADF): Teste para a existência de uma raiz unitária para verificar a estacionariedade da série. (RAMENAH; CASIN; BA, 2018)
  - Regra de Decisão:
    - Se $\tau \geq$ Valor crítico $\tau_C \rightarrow$ Aceita H_0 (Y_t não é estacionário)
    - Se $\tau <$ Valor crítico $\tau_C \rightarrow$ Rejeita H_0 (Y_t é estacionário)
- Teste Ljung-Box: Testa todas as autocorrelações dos erros do modelo e não apenas o primeiro *lag* (intervalo de tempo). Sua hipótese nula é quando não existe autocorrelação, ou seja, a soma dos quadrados das autocorrelações é zero; do mesmo modo, quanto maior o valor, maior será a autocorrelação. O modelo deve apresentar os resíduos estacionários (média zero e variância constante). (RIBEIRO; VIEIRA DE PAULA, 2016).

2.5 Índices de Desempenho

Serve para medir a precisão e o desempenho de diferentes modelos de previsão, definindo valores para uma base comparativa. Os quatros indicadores de performance são:

a) Mean Absolute Deviation (MAD) – É o desvio médio absoluto.

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^{N} |y_i - x_i|}{N} \tag{6}$$

b) Mean Squared Error (MSE) – É o indicador de erro quadrático médio.

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{N} (y_i - x_i)^2}{N} \tag{7}$$

c) Root Mean Squared Error (RMSE) – É definido como a raiz quadrada do erro quadrático médio. É um dos indicadores mais utilizados para medir a acuracidade do modelo de previsão em redes neurais.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (y_i - x_i)^2}{N}} \tag{8}$$

d) *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) – É a porcentagem média do erro absoluto, ou seja, o valor percentual dos desvios do modelo de previsão.

$$MAPE(\%) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} \left(\left| \frac{y_i - x_i}{x_i} \right| \right) . 100 \tag{9}$$

Qualquer previsão, independente da complexidade está sujeita a erros, todavia o rastreamento e a análise dos erros fornecem informações úteis sobre a confiabilidade das

estratégias de previsão. (MOHAMMED et al., 2017).

Uma outra ferramenta para medir a confiabilidade de previsão é o *Tracking Signal,* que detecta os desvios nos erros de previsão (negativo ou positivo) ao longo da série temporal. (MOHAMMED et al., 2017).

$$Tracking\ Signal = \frac{\sum_{i=1}^{N} |y_i - x_i|}{MAD} \tag{10}$$

Onde:

y_i é o valor real no período t, na série temporal;

x_i é a previsão no período t, na série temporal;

N é o número de pontos de dados na série temporal;

Existe um limite para esse indicador, sendo que os valores que excedem esse número, indicam a não-aleatoriedade nos erros de previsão, o que sugere que a previsão está tendo um desempenho não confiável. Os limites do sinal de rastreamento dependem do intervalo de confiança da previsão sendo comumente utilizados os valores de ± 4. (MOHAMMED et al., 2017).

3 I REDE NEURAL

Segundo Fleck et al. (2016onde as Redes Neurais Artificiais (RNAs), as rede neurais são inspirados na estrutura do cérebro humano, os quais possibilitam inserir os modelos matemáticos nos computadores e processá-los. Dessa forma as RNAs são capazes de aprender e tomar decisões de acordo com os treinamentos realizados e disponibilizar esse conhecimento para a melhoria de processos ou aplicações de tecnologias.

Essa evolução das redes neurais, tal como é apresentada nos dias atuais, só foi aplicado devido a tecnologia de processamento de dados. A Figura 1 ilustra a evolução das pesquisas em redes neurais, sendo que nos últimos anos as pesquisas saíram da academia e foram para as grandes corporações, dentre essas: o Google e o Facebook.

Figura 1 – Evolução das pesquisas em redes neurais.

Fonte: Autor (2019).

Desta maneira as redes neurais funcionam com a atribuição de valores a entrada, sendo transformados pelas sinapses (os pesos) e pela função de ativação (AF) dos neurônios.(MACHADO; JUNIOR, 2013)

Recebendo entradas de *n* neurônios, a saída é processada da seguinte maneira:

$$y_k = AF\left(\sum_{i=1}^{n}(y_i\, w_{ki}) + b_k\right) \tag{11}$$

Onde:

y_i é a saída calculada pelo neurônio i

w_{ki} representa o peso (sinapse) entre o neurônio i e o neurônio k

b_k é o peso entre um valor constante e diferente de zero ao neurônio k, conhecido como bias.

Vale ressaltar que se o neurônio que estiver conectado a entrada, o y_i será a própria entrada.

A convergência dos dados se dá por um processo iterativo de atualização dos pesos, chamado de treinamento. Esse treinamento estima os parâmetros dos pesos sinápticos dentre todas as camadas da rede, e é atualizado pela fórmula:

$$w(j)_{ki} = w(j-1)_{ki} + \Delta w(j)_i \tag{12}$$

Onde:

j é a iteração

w_{ki} é o peso

$\Delta w\ (j)_i$ é o vetor de correção ao parâmetro peso (w_{ki}) na iteração j.

As funções de ativação são primordiais para dar capacidade de aprendizado a uma rede neural. Se houvesse uma rede neural sem uma função de ativação, o mesmo é simplesmente um modelo de regressão linear, sujeitos as mesmas restrições que os modelos lineares. (GOODFELLOW; BENGIO; COURVILLE, 2016).

Segundo Goodfellow et al.(2016), as funções mais utilizadas são a Sigmóide, Tangente hiperbólica (TanH), unidade linear retificada (ReLU), unidade linear exponencial (ELU) e unidade retificada com vazamento (Leaky ReLU).

Para calcular a previsão de demanda, foi utilizado dois tipos de redes neurais: FeedForward e Recorrentes. As redes neurais *FeedForward* ou também chamadas de *perceptrons* multicamadas (MLPs), tem como objetivo que a informação flua da entrada para a saída, não havendo retorno dos dados. (GOODFELLOW; BENGIO; COURVILLE, 2016).

Já as redes neurais recorrentes é um complemento das redes FeedFoward, que tem como finalidade utilizar de memórias das camadas anteriores, e armazenar nas camadas posteriores, definindo o que registrar e o que esquecer. (BRITZ, 2015).

Um dos algoritmos mais utilizados nas redes neurais - a descida do gradiente - otimiza funções mais complexas onde existem muitas dimensões. O objetivo da descida do gradiente é achar o mínimo global, todavia para muitas funções realistas, podem haver muitos mínimos locais. Os mínimos locais devem ser evitados por meios de parâmetros e ajustes no algoritmo para obtenção do valor ótimo da aprendizagem.

Segundo Nelson (2017), as redes de *Long Short-Term Memory* (LSTM) são um tipo especial de rede neural recorrente, que tem a capacidade de resolver a questão do desvanecimento do gradiente, ou seja a dificuldade de processar grandes sequências dos dados.

O LSTM tem a finalidade de manter o fluxo do erro constante, adicionando ou removendo informações ao estado da célula, reguladas por estruturas chamadas portas (*gates*). Esses *gates* são compostos de uma camada de rede neural sigmoide e uma operação de multiplicação. (OLAH, 2015)

Segundo Rosa (2018), um Bi-LSTM é basicamente um par de LSTM que funciona do passado para o futuro, e um LSTM atrasado, que funciona do futuro para o passado. O mesmo autor, relata nesse tipo de rede, o sistema é influenciado pelas entradas passadas e futuras.

4 I RESULTADOS

A Figura 2 relata os dados acerca da quantidade de automóveis vendidos entre os anos de 2015 e 2019. A previsão da demanda realizados pelos modelos, se deu a partir de abril de 2017 a fevereiro de 2019.

jan/15	fev/15	mar/15	abr/15	mai/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15
224.447	186.191	229.052	213.724	221.081	227.616	218.232	208.296	201.207	201.957

nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16
203.466	236.705	154.012	161.434	194.842	181.310	194.266	196.271	202.988	200.772

set/16	out/16	nov/16	dez/16	jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17	jun/17
177.756	177.317	214.374	238.123	168.533	188.386	237.532	200.562	247.877	242.296

jul/17	ago/17	set/17	out/17	nov/17	dez/17	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18
229.626	260.328	239.087	243.722	255.707	247.999	206.675	204.831	250.423	263.667

mai/18	jun/18	jul/18	ago/18	set/18	out/18	nov/18	dez/18	jan/19	fev/19
236.388	240.717	239.857	274.312	226.450	264.436	239.547	237.801	200.890	217.205

Figura 2 – Quantidade de automóveis vendidos no Brasil.

Fonte – Portal Brasileiro de Dados Abertos (2019).

4.1 Média Simples

Para o modelo de média móvel simples, o "η" variou de 2 a 10, assim como para o modelo de suavização exponencial o variou de 0,1 a 0,9. Vale ressaltar, que houve a aplicação de sazonalidade para ambos os modelos.

A Figura 3 relata os valores de *Tracking Signal* (TS), a erro médio quadrático (MSE), a raiz do erro médio quadrático e o erro médio percentual absoluto (MAPE) do modelo de média móvel simples e Sazonal. De acordo com a tabela, o melhor resultado da previsão, tendo em vista os indicadores MAPE e RMSE é η igual a 3 (três).

Média Móvel Simples e Sazonal				
	TS	**MSE**	**RMSE**	**MAPE**
2	-0,7270	553.981.852	23.537	8,24%
2s	-0,0391	987.942.210	31.432	10,09%
3	0,6166	551.288.257	23.480	7,68%
3s	0,8686	1.064.242.205	32.623	10,35%
4	1,2716	555.316.917	23.565	8,07%
4s	1,5227	1.013.930.429	31.842	10,53%
5	2,2276	559.289.170	23.649	8,07%
5s	2,4151	972.106.264	31.179	10,06%
6	3,1716	577.910.044	24.040	8,35%
6s	3,1017	1.039.229.636	32.237	10,23%
7	4,5679	611.137.360	24.721	8,38%
7s	4,2152	1.067.201.033	32.668	10,34%
8	5,6383	632.552.797	25.151	8,73%
8s	5,0456	1.086.752.688	32.966	10,79%
9	6,5944	663.201.954	25.753	9,01%
9s	6,0118	1.062.318.222	32.593	10,95%
10	7,6272	687.590.832	26.222	9,08%
10s	6,9005	1.082.358.671	32.899	10,96%

Figura 3 – Resultados de MMS e Sazonalidade.

Fonte: Autor (2019).

4.2 Suavização Exponencial

A Figura 4 relata os valores de *Tracking Signal* (TS), a erro médio quadrático (MSE), a raiz do erro médio quadrático e o erro médio percentual absoluto (MAPE) do modelo de suavização exponencial assim como de sua sazonalidade. De acordo com a tabela, assim como com a ferramenta “Solver” do Excel, o melhor resultado da previsão, tendo em vista os indicadores MAPE e RMSE, é a igual a 0,377, com um MAPE próximo de 7,71%.

Suavização exponencial e Sazonal				
Alfa ( )	**TS**	**MSE**	**RMSE**	**MAPE**
0,1	12,9683	690.203.562	26.272	9,30%
0,1 (s)	10,5747	1.197.440.490	34.604	11,81%
0,2	6,0618	554.419.151	23.546	8,31%
0,2 (s)	5,3381	1.033.160.125	32.143	10,28%
0,3	2,8096	520.039.741	22.804	7,80%
0,3 (s)	2,7246	992.657.824	31.506	9,82%
0,4	1,0303	514.988.827	22.693	7,74%
0,4 (s)	1,3026	989.062.459	31.449	9,95%
0,5	0,0469	525.893.172	22.932	7,90%
0,5 (s)	0,5322	1.001.016.760	31.639	10,22%
0,6	-0,4886	548.919.902	23.429	8,07%
0,6 (s)	0,1154	1.022.867.061	31.982	10,51%
0,7	-0,7664	582.670.028	24.139	8,38%
0,7 (s)	-0,1064	1.053.751.059	32.462	10,75%
0,8	-0,8997	626.991.621	25.040	8,66%
0,8 (s)	-0,2151	1.095.132.974	33.093	10,99%
0,9	-0,9376	682.901.524	26.132	9,02%
0,9 (s)	-0,2570	1.150.554.197	33.920	11,23%

Figura 4 – Resultados de S.E. e Sazonalidade.

Fonte: Autor (2019).

4.3 Arima

O modelo ARIMA exige que a série seja estacionária, e que não apresentem pontos bruscos de tendência nos dados. Esse comportamento explosivo da série pode inviabilizar o modelo ARIMA.

Desse modo a Figura 5 relata os dados estatísticos do teste Dickey-Fuller para a série original, com um intervalo de tempo de 10 meses. O T estatístico experimental deve ser comparado com o T estatístico tabelado, com o intuito de verificar se deve rejeitar ou aceitar H_0, portanto, verificar se a série é estacionária ou não estacionária.

O T estatístico tabelado para o n=50, com o nível de significância de 5%, é dado por -1,948. Se comparado com o T estatístico experimental para a série original (Figura 5), percebe-se que o valor tabelado é muito inferior ao valor experimental, ratificando a estacionariedade da série. O valor P superior ao nível de significância de 5% corrobora com a não estacionariedade.

Série Original			Série com uma Diferenciação		
	T estatístico	Valor P		T estatístico	Valor P
Teste Dick-Fuller Aumentado	-0,1772	0,617	Teste Dick-Fuller Aumentado	-8,578	0
Nível 1%	-2,615		Nível 1%	-2,615	
Nível 5%	-1,948		Nível 5%	-1,948	
Nível 10%	-1,612		Nível 10%	-1,612	

Figura 5 – Teste estatístico T.

Fonte: Eviews®(2019).

Após aplicar uma diferenciação na série original, o T estatístico resulta num valor inferior a -1,95, bem como um valor P significativo para a série diferenciada. Portanto, rejeita-se a hipótese nula (H_0) e determina a estacionariedade da série diferenciada.

Para confirmar a estacionariedade da série, o teste de Ljung-Box foi aplicado na série com uma diferenciação. A Figura 6 relata as funções de autocorrelação e autocorrelação parcial, onde percebe-se que os valores se tornaram estacionários, com média tendendo a zero e com uma variância constante. Conclui-se que na primeira diferenciação da série, que o grau de diferenciação (d) igual a 1, é o mais adequado, não sendo necessário continuar diferenciando a série.

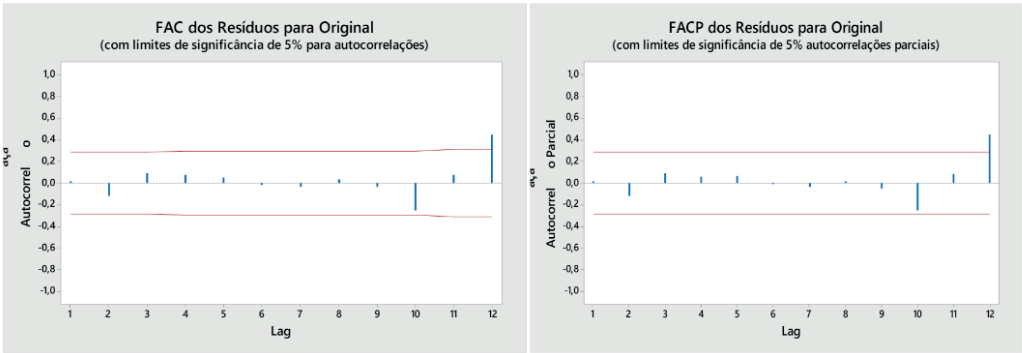


Figura 6 – Autocorrelação e Autocorrelação Parcial.

Fonte: Eviews® (2019).

Para definir os parâmetros (p, q) foi realizado uma simulação de previsão automática ARIMA no software EViews10, com nível de significância igual a 5% e com parâmetros máximos de diferenciação (2), auto regressão (4) e média móvel (4). O algoritmo mediu os valores de AIC e BIC para definir os melhores parâmetros (p, q).

A Figura 7 indica os valores de AIC e BIC para cada um dos 25 possíveis modelos. O modelo que obteve o menor indice de AIC e BIC foi o ARMA (0, 1), contribuindo para a

tomada de decisão do melhor modelo.

Model	LogL	AIC*	BIC
(0,1)(0,0)	-563.47565...	23.12145...	23.23728...
(0,2)(0,0)	-563.45727...	23.16152...	23.31595...
(1,1)(0,0)	-563.46477...	23.16182...	23.31626...
(2,3)(0,0)	-560.66493...	23.16999...	23.44025...
(2,2)(0,0)	-561.68959...	23.17100...	23.40265...
(2,1)(0,0)	-562.72903...	23.17261...	23.36565...
(0,3)(0,0)	-562.74583...	23.17329...	23.36634...
(3,0)(0,0)	-563.06350...	23.18626...	23.37930...
(2,0)(0,0)	-564.14421...	23.18955...	23.34399...
(1,2)(0,0)	-563.17519...	23.19082...	23.38386...
(3,2)(0,0)	-561.47521...	23.20306...	23.47333...
(1,4)(0,0)	-561.58086...	23.20738...	23.47764...
(4,0)(0,0)	-562.61760...	23.20888...	23.44053...
(3,1)(0,0)	-562.70736...	23.21254...	23.44419...
(0,4)(0,0)	-562.72286...	23.21317...	23.44482...
(1,3)(0,0)	-562.73114...	23.21351...	23.44516...
(4,3)(0,0)	-560.00812...	23.22482...	23.57229...
(3,4)(0,0)	-560.06391...	23.22709...	23.57457...
(4,1)(0,0)	-562.61705...	23.24967...	23.51993...
(3,3)(0,0)	-561.67320...	23.25196...	23.56083...
(4,4)(0,0)	-559.90246...	23.26132...	23.64741...
(4,2)(0,0)	-562.61693...	23.29048...	23.59935...
(1,0)(0,0)	-568.28852...	23.31789...	23.43372...
(0,0)(0,0)	-572.77668...	23.46027...	23.53748...
(2,4)(0,0)	-575.92160...	23.83353...	24.14240...

Figura 7 – Critério de Seleção ARMA.

Fonte: Eviews® (2019).

De acordo com os testes realizados anteriormente, a modelagem ARIMA que obteve o melhor ajuste, foi dos parâmetros de (0, 1, 1). Os resultados obtidos dos desvios residuais, bem como da acuracidade do modelo, estão refletidos na Figura 8.

ARIMA (0,1,1)			
TS	**MSE**	**RMSE**	**MAPE**
2,4066	532.180.232	23069	7,88%

Figura 8 - Resultado da previsão ARIMA.

Fonte: Autor (2019).

4.4 Rede Neural Artificial

Foram feitos 2 (dois) experimentos para a previsão da série temporal com a rede neural artificial, sendo esses a rede neural *FeedForward* e a rede neural recorrente Bi-LSTM. Mediante aos variados parâmetros que foram testados, os resultados que foram os mais eficientes são relatados na Figura 9.

RNA FeedForward	
Nº de neurônios oculto	100
Número de épocas	1000
Treinamento	Bayesian Regularization BackPropagation
Porcentagem Treinamento	0.80
Processamento	CPU e GPU
Delay	**2**

RNR Bi-LSTM	
Nº de Camadas 1º Bi-LSTM	250
Nº de Camadas 2º Bi-LSTM	250
Épocas	120
Porcentagem Treinamento	0.87
Processamento	CPU
Tamanho Lote	50
Delay	2

Figura 9 – Parâmetros das redes neurais.

Fonte: Autor (2019).

Vale ressaltar que alguns parâmetros da rede Bi-LSTM, tais como a taxa de aprendizagem e o tipo de treinamento, começam com um valor predefinido e se alteram conforme a aprendizagem do algoritmo, ou seja, existe um ajuste automático desses parâmetros e dos modelos de treinamento.

No processamento da previsão de demanda da série temporal, através do Software Matlab R2018b, os resultados de treinos e testes foram bem distintos, devido aos inúmeros parâmetros implementados. Dessa maneira, os melhores valores de previsões das redes neurais, são indicados na Figura 10.

RNA *FeedForward*			
	MSE	**RMSE**	**MAPE**
TREINO	588.930.370	24.268	9,33%
TESTE	444.910.252	21.093	8,45%
TOTAL	573.928.274	23.957	9,24%

RNR Bi-LSTM			
	MSE	**RMSE**	**MAPE**
TREINO	684.462.758	26.162	10,18%
TESTE	413.033.611	20.323	7,63%
TOTAL	654.303.964	25.579	9,90%

Figura 10 – Resultados das Redes Neurais.

Fonte: Autor (2019).

Para o modelo de RNA FeedForward, o software realizou a técnica de validação cruzada, particionando os dados de teste e de treino aleatoriamente. Essa técnica permite avaliar a capacidade de generalização do modelo, tornando-se mais eficaz a aprendizagem da rede neural.

Já a rede neural recorrente Bi-LSTM foi elaborado num algoritmo do Matlab R2018b, que permitiu que os testes e os treinos fossem divididos em sequência. (NEJATIAN, 2019).

5 | CONCLUSÃO

Percebe-se que a rede neural recorrente Bi-LSTM e o modelo de média simples, obteve resultados satisfatórios na predição da demanda futura de autoveículos no Brasil, possibilitando a programação do estoque de maneira eficiente. Vale ressaltar que na previsão de teste, a rede neural recorrente Bi-LSTM obteve resultados ainda mais satisfatórios, com acuracidade de aproximadamente 93,4%, frente aos 92,3% do modelo de média simples $\boldsymbol{\eta} = 3$.

A acurácia do modelo de previsão exponencial foi similar ao de média simples, porém com incongruência entre os indicadores RMSE e MAPE. Desse modo, a escolha se deu pelo indicador *Tracking Signal* com um valor de -0,81 do modelo de média simples, frente aos 2,06 do modelo de Suavização Exponencial.

A respeito da confiança das previsões, o modelo RNA FeedFoward obteve um valor superior a 4, indicando que a previsão está subestimada. Desse modo, considera-se que esse modelo não foi eficaz, e que um possível ajuste nos hiperparâmetros pode ser necessário.

Com relação ao modelo ARIMA (0, 1, 1) que teve seus parâmetros ARMA ajustados pelo critério de informação Akaike e Bayesiano, bem como realizados testes, tais como Dickey-Fuller e Ljung-Box (estacionariedade); foi o quarto melhor modelo, com cerca de 92,1% de acuracidade.

A previsão de demanda de automóveis no Brasil, para o mês de junho de 2019 com relação ao primeiro mês do ano, é de tendência de crescimento de 1,2% para o modelo de média simples e de 2,78% para o modelo de RNR Bi-LSTM. Com isso, pode-se dizer que a previsão de demanda é fundamental para as tomadas de decisões da empresa, para se antecipar e ter uma boa gestão na cadeia de suprimentos, evitando gastos desnecessários ou estoques excessivos.

Dessa maneira, percebe-se que o modelo de rede neural tem uma característica distinta dos modelos convencionais, que é a capacidade de aprendizagem em função do tempo. Quanto mais o algoritmo é treinado e parametrizado de acordo com o padrão da série, maior será a acuracidade do modelo.

Para estudos futuros, a aplicação da taxa de aprendizagem das redes neurais pode ser mais aproveitada, anexando dados que são correlacionados a série. Por exemplo, na previsão de venda de automóveis no Brasil, alguns dados como estado da economia, política e variáveis internacional, podem ser correlacionados como fatores para uma previsão mais concisa. Esses dados externos servem como parâmetros de segurança da empresa, para eventuais problemas na economia ou no mercado internacional, mantendo o estoque de segurança o mais próximo possível da demanda.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. G. M. de. **Multi-Layer perceptron para previsão de demanda**. Orientador: José Jair Alves Mendes Junior. 2018. 58 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

ARAÚJO, G. C. *et al*. Previsão de demanda e análise simplificada da gestão de estoque aplicada a uma empresa do setor alimentício. **Brazilian Journal of Production Engineering**, São Mateus, v. 4, p. 48–64, 2018.

BRITZ, D. **Recurrent neural networks tutorial part 1:** introduction to RNNs. Disponível em: http://www.wildml.com/2015/09/recurrent-neural-networks-tutorial-part-1-introduction-to-rnns/. Acesso em: 2 abr. 2019.

DZIAK, J. J. *et al*. **Sensitivity and specificity of information criteria.** n. 814, p. 1–30, 2019. Disponível em: http://methodology.psu.edu/media/techreports/12-119.pdf. Acesso em: 6 mar. 2019.

EVIEWS®. **Software de análise econométrica**. Versão 10+ student version lite: eviews, 2019. Disponível em: https://www.eviews.com. Acesso em: 15 fev. 2019.

FLECK, L. *et al*. Redes neurais artificiais: princípios básicos. **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia.** Universidade Federal do Paraná, Campos Medianeira, v. 1, n. 13, p. 47–57, 2016.

GOODFELLOW, I.; BENGIO, Y.; COURVILLE, A. **Deep learning**. Massachusetts: The Mit Press, 2016. 775 p.

KUMAR, A.; UPADHAYAY, K. G. Price forecasting technique and methods in deregulated electricity market: an inclusive review. *In:* INTERNATIONAL CONFERENCE ON POWER ENERGY, ENVIRONMENT AND INTELLIGENT CONTROL, Gorakhpur, 2018. **Proceedings** [...]. Gorakhpur: PEEIC, p. 565–571, 2019.

LASHERAS, F. Sanchez *et al*. Forecasting the COMEX copper spot price by means of neural networks and ARIMA models. **Resources policy**, v. 45, p. 37–43, 2015.

MACHADO, W. C.; FONSECA JUNIOR, E. S. da. Redes neurais artificiais aplicadas na previsão do VTEC no Brasil. **Boletim de Ciencias Geodesicas**, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 227–246, 2013.

MINITAB®. **Software estatístico.** Versão 18.1: Minitab, 2018. Disponível em: http://minitab.com. Acesso em: 11 jan. 2019.

MOHAMMED, J. *et al*. **Performance of exponential smoothing, a neural network and a hybrid algorithm to the short term load forecasting of batch and continuous loads.** University of the West Indies, Department of Electrical and Computer Engineering, Republic of Trinidad and Tobago, p. 1–6, 2017.

NAKANO, M.; TAKAHASHI, A.; TAKAHASHI, S. **Generalized exponential moving average (EMA) model with particle filtering and anomaly detection.** Tokyo: Elsevier, v. 73, p. 187–200, 2017.

NELSON, D. M. Q. **Uso de redes neurais recorrentes para previsão de séries temporais financeiras**. Orientador: Adriano Cesar Machado Pereira. 2017. 55f. Dissertação (Mestrado em ciência da Computação) - Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

NEJATIAN, Abolfazl. **Time series prediction.** MATLAB Central File Exchange, 2019. Disponível em: https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/69506-time-series-prediction. Acesso em: 2 mar. 2019.

OLAH, C. **Understanding LSTM networks**. Disponível em: http://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs/. Acesso em: 12 abr. 2019.

PEMATHILAKE, R. G. Hiranya *et al*. Sales forecasting based on autoregressive integrated moving average and recurrent neural network hybrid model. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NATURAL COMPUTATION, 14., 2019. **Proceedings** [...]. Faculty of Information Technology, University of Moratuwa, Moratuwa, p. 27–33, 2019.

PERERA, H. N. *et al*. The human factor in supply chain forecasting: a systematic review. Institute of Transport & Logistics Studies, The University of Sydney, ed. Elsevier: **European Journal of Operational Research**, Sidney, v. 274, n. 2, p. 574–600, 2019.

PORTAL BRASILEIRO DE DADOS ABERTOS. **Vendas de veículos pelas concessionárias:** automóveis. Disponível em: http://dados.gov.br/dataset/7384-vendas-de-veiculos-pelas-concessionarias-automoveis. Acesso em: 12 fev. 2019.

RAHARJO, E. S.; HAYATI, M. N.; WAHYUNINGSIH, S. Monitoring forecasting new acceptors KB east kalimantan province using simple moving average and weighted moving average with tracking signal method. **Jurnal EKSPONENSIAL**, Mulawarman, v. 7, p. 17–22, 2016.

RAMENAH, H.; CASIN, P.; BA, M. Accurate determination of parameters relationship for photovoltaic power output by augmented dickey fuller test and engle granger method. **AIMS Energy**, AIMS Press, p. 19 - 48, 2018.

RIBEIRO, L. C.; VIEIRA DE PAULA, A. **Previsão depopulação através dos modelos Arima de Box e Jenkins:** um exercício para Brasil, 2016. Disponível em: http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/article/download/1067/1031. Acesso em: 07 jan. 2019.

ROSA, Felipe Bueno da. **Study of a deep learning approach to named entity recognition for portuguese**. 2018. Trabalho de Conclusao de Curso (Graduação em Ciência da Computação) - Instituto de informática, Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

SHUKLA, G. K.; TRIVEDI, M. **Unit 14 seasonal component.** IGNOU, p. 33–54, 2017. http://egyankosh.ac.in//handle/123456789/20805. Acesso em: 12 jan. 2019

TANG, K. *et al.* Research on tool wear prediction based on deep residual network. **Association for Computing Machinery**, Chengdu, p. 73–77, 2018.

CAPÍTULO 11

GERENCIAMENTO COLABORATIVO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 10/06/2021

Bruna Christina Battissacco
Universidade de São Paulo – USP, Escola de Engenharia de São Carlos – EESC
Departamento de Engenharia de Produção
São Carlos – SP
http://lattes.cnpq.br/8917991339673737

Walther Azzolini Júnior
Universidade de São Paulo –USP, Escola de Engenharia de São Carlos- EESC
Departamento de Engenharia de Produção
São Carlos –SP
http://lattes.cnpq.br/8232998169861866

RESUMO: Diante de incertezas do mercado e da complexidade da produção de determinados produtos no período da pandemia do coronavírus (Covid-19), este artigo aborda um recorte de um estudo de caso da indústria de autopeças averiguando as relações entre níveis de estoque e o impacto na gestão de produção. Considerando o contexto de redes dinâmicas, a gestão colaborativa na cadeia de suprimentos é apontada como uma abordagem apropriada para o momento e promissora para futuros estudos. A metodologia de pesquisa fez uso da Pesquisa Bibliográfica e Exploratória com a abordagem do estudo de caso. Os resultados apontam para a falta de integração com o compartilhamento do fluxo de informações entre os *players* da rede.

PALAVRAS - CHAVE: Indústria Automotiva, Configuração de Rede, Integração, Gestão Colaborativa, Cadeia de Suprimentos.

COLLABORATIVE MANAGEMENT OF THE SUPPLY CHAIN IN AN AUTOMOTIVE INDUSTRY

ABSTRACT: In view of market uncertainties and the complexity of producing certain products during the coronavirus pandemic period (Covid-19), this article addresses an excerpt from a case study of the auto parts industry, investigating the relationships between stock levels and the impact on production management. Considering the context of dynamic networks, collaborative management in the supply chain is seen as an appropriate approach for the moment and promising for future studies. The research methodology made use of Bibliographic and Exploratory Research with the case study approach. The results point to the lack of integration with the sharing of the information flow between the network players.

KEYWORDS: Automotive Industry, Network Configuration, Integration, Collaborative Management, Supply Chain.

1 I INTRODUÇÃO

O presente trabalho considera o atual período de pandemia do coronavírus (Covid-19) e seus impactos na economia de escala, visto que, o isolamento social é apontado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como uma medida preventiva e de controle eficaz para a contenção da doença.

Desta forma o funcionamento das empresas, via de regra, encontrou-se totalmente ou parcialmente interrompido desarticulando as relações comerciais e pessoais e consequentemente a cadeia de suprimentos, evidenciando a necessidade de considerar a configuração em rede.

As redes de empresas são um arranjo interorganizacional, com empresas legalmente independentes, mas economicamente interdependentes que visam à cooperação. (Pfohl e Buse, 2000).

Para Oliveira e Guerrini (2002), as redes dinâmicas são temporárias estando associadas a um ciclo de vida e possuem fronteiras virtuais, flexíveis, orientadas Ad hoc, formadas em função da alta especificidade de ativos, complexidade de produtos/ serviços e incerteza de mercado.

Conforme Rycroft e Kash (2004), quando comparado a outros setores o "índice de parceria internacional relativo" sugere que a indústria automotiva tenha sido relativamente mais internacional em suas redes do que a maioria das outras grandes indústrias. Segundo os autores, a indústria automobilística iniciou o caminho da globalização antes que as redes de inovação auto-organizadas começassem a proliferar.

E a cadeia de suprimentos do setor automobilístico, segundo Guerrini e Pellegrinotti (2016), é um bom exemplo para esta análise, possuindo fluxo bidirecional de produtos (materiais e serviços) e de informações, exigindo integração, sincronismo e transparência entre os participantes da cadeia.

O objetivo deste artigo está em analisar de modo pontual, a relação em rede de colaboração de uma determinada empresa fabricante de autopeças para a indústria automobilística, diante de um período de incertezas do mercado e complexidade da produção de produtos. Focando-se especificamente nos impactos do coronavírus (Covid-19), nos níveis de estoque e produção da cadeia de suprimentos.

Assim na introdução procede-se uma abordagem da problemática e dos objetivos. Na sequência, é apresentada a metodologia. No desenvolvimento inclui-se uma revisão literária sob a perspectiva da cadeia de suprimentos e os níveis de produção e estoque para o período de pandemia. Posteriormente, um estudo de caso de uma empresa automobilista no Brasil é descrito. Os resultados da correlação do estudo de caso com a literatura são expostos e discutidos. Por fim, é exposta a conclusão considerando os limites e desafios diante das incertezas de mercado e perspectivas para futuras pesquisas.

2 I METODOLOGIA

A escolha por abordar um estudo de caso na metodologia é realizada conforme Ventura (2007), por visar à investigação de um caso específico, com sistema delimitado cujas partes são integradas, ou seja, contextualizado em tempo e lugar para que se possa realizar uma busca circunstanciada de informações.

Para Yin (2015), o estudo de caso permite uma investigação empírica e compreende um método abrangente, com a lógica do planejamento, da coleta e da análise de dados, podendo-se incluir tanto estudos de caso único quanto de múltiplos, assim como abordagens quantitativas e qualitativas de pesquisa.

O presente estudo pretende não esgotar o tema por tratar de um caso pontual, mas sim fomentar análises pertinentes correlacionas com a literatura e um cenário dinâmico, explorando pontos cruciais para incorporação da rede colaborativa. Atentando-se para o cuidado com generalizações ou simplificações, e em nenhum momento é desprezado o rigor cientifico necessário para sua validação.

3 I IMPACTOS DA PANDEMIA COMO CONTRAPONTO A GESTÃO COLABORATIVA

Para Baldwin e Di Mauro (2020), alguns efeitos, deste período de pandemia, podem ser mais persistentes principalmente no que se refere às interrupções que as empresas, os indivíduos e os governos estão experimentando, o que implicará riscos para a globalização e para a integração mundial.

Quando comparado a crises e doenças anteriores, o coronavírus (Covid-19) além de exibir uma grande e súbita redução da atividade econômica em nível global apresentou níveis de incertezas que desestabilizaram os mercados financeiros. Sendo assim, essa crise pode ser considerada única, visto que, sua natureza é fundamentalmente decorrente de um problema de saúde pública e com consequências econômicas e sociais. (Bloom, Kuhn e Prettner, 2018).

Outro trabalho destacável foi realizado por Ribeiro et al. (2020). Os autores apresentaram previsões por meio de suas abordagens: econométrica, utilizando um modelo gravitacional com dados em painel, e outra baseada na hipótese de *market-share* constante do Brasil nas importações de seus principais parceiros comerciais.

Os cenários considerados neste estudo foram a partir de previsões recentemente divulgadas pela Organização Mundial do Comércio (OMC) e pelo Fundo Monetário Internacional (FMI). A OMC construiu dois cenários, um otimista e um pessimista e o FMI um cenário de referência, deste modo as seguintes conclusões foram apresentadas pelos autores:

> As exportações em 2020 recuarão para algum valor intermediário ao dos cenários FMI e otimista da OMC. Isso implicaria algo entre US$ 180 bilhões (-20%) e US$ 200 bilhões (-11%).
>
> Quanto às importações, as projeções para 2020 por ambos os métodos levam a resultados semelhantes nos cenários FMI e otimista da OMC: uma queda da ordem de 20%, com valor de importação de cerca de US$ 140 bilhões. No cenário pessimista da OMC, as quedas seriam bem maiores e com grande diferença entre os dois métodos: 29,3% no modelo gravitacional e -43,8% no método de ***market-share*** constante. (Ribeiro et al., 2020, p. 15).

De acordo com a Balança Comercial do Setor de Autopeças apresentada no relatório do Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores (SINDIPEÇAS) até o ano de 2018, mesmo prevalecendo o saldo da balança comercial negativa não houve um volume expressivo sendo importado ou exportado.

E ainda no Relatório do SINDIPEÇAS, o Brasil, no caso do setor de autopeças pode se tornar protagonista quanto à liderança na América do Sul, que atualmente é responsável por 36,9% das exportações e por 8,7% das importações. (SINDIPEÇAS, 2019, p. 24).

É relevante observar que 70% dos *players* operam no estado de São Paulo, que conta com capilaridade para a integração entre as unidades industriais, com boa infraestrutura e proximidade entre as unidades. Porém o Brasil tem apenas 3% da Frota de veículos automotores em circulação quando comparado com a Frota Mundial. O mercado interno é restrito e enfrenta sérios problemas agravados pelas incertezas devido às sucessivas crises políticas e econômicas e pela Pandemia do coronavírus (Covid-19).

Em entrevista concedida ao G1 economia Azevedo (2020), Diretor Geral da OMC (2013 - 2020) avalia que provavelmente após a Pandemia do coronavírus (Covid-19), por parte dos gestores das cadeias de abastecimento que operam globalmente, alterações devem ocorrer com ênfase em mudar a configuração de dependência na compra dos seus insumos de um único país. A ordem deve ser uma maior diversificação.

O desafio atual da transposição do conhecimento tácito e explicito, é conciliado no trabalho de Rycroft e Kash (2004). Dessarte, os membros da rede devem avaliar continuamente seu desempenho em termos do grau em que os processos colaborativos restringiram ou aprimoraram seus recursos organizacionais e tecnológicos.

Em consonância com o exposto e o presente artigo, Blos e Wee (2018) dissertam que a maioria das principais indústrias automotiva e eletrônica estão preocupadas em integrar o gerenciamento de riscos, a governança e a conformidade na cadeia de suprimentos.

O levantamento de trabalhos apresentados no artigo dos autores elucida que a previsão de incertezas e a restauração ou reconfiguração da cadeia de suprimentos são tópicos comuns de pesquisa em gerenciamento de riscos de interrupção da cadeia de suprimentos que visam mitigar os efeitos adversos de interrupções no desempenho financeiro e operacional da cadeia de suprimentos.

3.1 Gestão colaborativa da cadeia de suprimentos, com enfoque a níveis de estoque e produção

De acordo com Danese e Romano (2011) a literatura sobre Supply Chain Management (SCM) sugere que a integração do cliente embora reduza o estoque e os custos de fabricação, geralmente determina outros custos adicionais, devido às frequentes modificações no plano necessárias para acompanhar as necessidades do cliente.

E desta forma, a integração do fornecedor pode ser uma ferramenta útil para limitar as implicações negativas da integração do cliente, ou seja, mitigando custos e problemas e

ampliando assim o efeito positivo do relacionamento com o cliente.

Para os autores práticas como o compartilhamento de dados de pontos de vendas e alinhamento operacional com a demanda final reduzem a incerteza do sistema. Portanto há necessidade das empresas buscarem simultaneamente a integração com clientes e fornecedores para alcançar um desempenho eficiente.

Além disso, segundo Ribeiro et al. (2019) a integração da cadeia de suprimentos inclui: a integração externa com fornecedores e clientes e o risco da cadeia de suprimentos, criando deste modo um ambiente orientado pelo conhecimento.

Neste ambiente as partes envolvidas se reúnem em um grupo flexível de profissionais, informalmente ligados por interesses comuns por meio de processos independentes de criação, transferência e aplicação de conhecimento.

No trabalho de Silva (2019) fortalecido por seu arcabouço referencial, destacam-se alguns dos métodos ou iniciativas cooperativas que focalizam melhor a gestão de estoque e consequentemente os níveis de produção:

- *Efficient Consumer Response* (ECR) - é necessário que a empresa desenvolva técnicas que possibilitem a redução dos níveis de estoques, dos custos e das perdas de produtos não consumidos, gerando maior eficiência e eficácia na gestão da cadeia de suprimentos, de modo que a criação de valor seja perceptível ao cliente.
- *Continuous Replenishment Program* (CRP) - há a necessidade do compartilhamento de informações do ponto de venda até os fornecedores, possibilitando a manutenção, o controle e coordenação na gestão dos estoques.
- *Vendor Management Inventory* (VMI) - visa melhorar o gerenciamento dos estoques de seus clientes. A gestão fica sob responsabilidade do fornecedor que analisa a previsão de demanda, programando suas atividades de forma conjunta, tornando efetivo o processo de produção e evitando estoques desnecessários.
- *Collaborative Planning Forecasting Replenishment* (CPFR) – o compartilhamento de informações ocorre por meio de sistemas e são analisadas as previsões de demandas. Neste método é possível analisar e identificar em toda a cadeia de suprimentos, quais são os integrantes que possuem melhor previsão de demanda quanto às vendas de um *Stock Keeping Unit* (SKU) levando em consideração o *lead time* (tempo) e a localização da demanda.

Entretanto, diante das iniciativas ou métodos colaborativos citados, não há uma solução única para a colaboração na cadeia de suprimentos, pois fatores levantados anteriormente por Holweg et al. (2005), como dispersão geográfica, prazo de entrega da logística e características do produto determinam qual nível e tipo de colaboração é mais adequado para uma cadeia de suprimentos específica.

Os autores também definem que a eficácia da colaboração na cadeia de suprimentos

se baseia em dois fatores: o nível em que integra as operações internas e externas e o nível em que os esforços estão alinhados às configurações da cadeia de suprimentos.

Guerrini e Pellegrinotti (2016), apoiados na literatura, apresentam os elementos que facilitam a colaboração, ou seja, os elementos facilitadores e motivadores, nos componentes e no escopo do gerenciamento colaborativo.

- Os elementos motivadores para o gerenciamento colaborativo levam em consideração os motivos da colaboração. As empresas devem estar dispostas a colaborar e acreditar nos benefícios a serem adquiridos. Alguns desses benefícios são: evolução competitiva; agilidade para atender às necessidades do mercado, com base no poder da empresa colaboradora de reagir à luz das mudanças e variações do mercado.
- Os facilitadores são elementos do ambiente da empresa que apoiam e garantem o desenvolvimento de medidas de colaboração entre as empresas. Os principais elementos são: compatibilidade tecnológica; compatibilidade cultural e gerencial e mutualidade.
- Os elementos relacionados ao escopo referem-se ao nível de integração entre as empresas, influenciado por fatores como: tempo, tipo de produto, tipo de atividade e processo de fabricação, tipo de informação a ser compartilhada, poder e liderança entre os membros e aspectos culturais.
- Os elementos componentes são processos e atividades executados em conjunto que sustentam a colaboração entre as empresas, variando como eles são gerenciados e implementados. Os principais componentes são: compartilhamento de informações; controle conjunto de reabastecimento; e planejamento conjunto.

A descrição dos elementos pelos autores é pertinente para correlacionar o estudo de caso do presente artigo. Analogamente, Freitas, Oliveira e Alcântara (2019) analisaram contextos que proporcionam a incorporação de iniciativas colaborativas, visando à compreensão de motivadores como: econômicos, de mercado e organizacionais.

Fatores externos, também motivaram colaborações, advindas do aumento da concorrência, globalização, mudanças nas características da demanda, produto ou mercado. Assim como políticas de governo e a percepção da necessidade de acompanhar o mercado em termos de ferramentas e tecnologias, como apontam os autores, podem levar as empresas a colaborar com suas cadeias de suprimentos.

De acordo com Bowersox e Closs (2007 apud Sardo e Marques, 2019) há seis áreas críticas de competência que empresas de ponta desenvolvem para atingir a integração da cadeia de suprimentos. Sendo as integrações com: O consumidor; A interna; Com o fornecedor de serviço/material; A tecnológica e de planejamento; Da mensuração e do relacionamento.

Empresas inteligentes exigirão mais recursos de integração e interoperabilidade,

por um lado, e recursos de Aprendizagem Organizacional para evolução contínua, por outro. Lidando com informações valiosas e conhecimento ativo para apoiar os recursos do sistema ciber-físico esperados de futuros sistemas de fabricação, conforme previsto no paradigma emergente da Indústria 4.0. (Weichhart, Stary e Vernadat, 2018).

Na iminência da quarta revolução industrial Camarinha-Matos et al. (2019) colocam as Redes de Colaboração como pilar para Indústria 4.0 e a transformação digital. A quarta revolução industrial, para os autores, cria a oportunidade de desenvolver ainda mais os recursos relacionados à resiliência / anti-fragilidade.

Para isto, é preciso conforme os autores uma mentalidade diferente, de novas formas de trabalho, métodos e novos processos, ou seja, uma disseminação de nova cultura de colaboração nas indústrias e sociedade.

Cabe contudo destacar que os nove pilares da Indústria 4.0: Integração Horizontal e Vertical; Manufatura Aditiva; Robôs autônomos; Big Data; IoT (Internet of Things); Simulação; Segurança cibernética; Computação de Nuvem; Realidade Aumentada, incluem integração e sincronismo com o ambiente real.

A integração tanto vertical quanto horizontal, beneficiará os clientes, fornecedores e empresas. E com o uso da tecnologia, como por exemplo, de sensores em cada etapa da produção será possível a interconexão entre sistemas e o estabelecimento de métricas em tempo real, permitindo rastreabilidade e otimização do fluxo do produto.

4 I ESTUDO DE CASO DE UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA NO BRASIL

A Indústria de autopeças objeto do estudo é um dos sites de um grupo de unidades produtoras localizado no interior do estado de São Paulo. De acordo com a classificação do relatório de 2019 do SINDIPEÇAS é de grande porte com mais de 1000 funcionários e de capital social estrangeiro. (SINDIPEÇAS, 2019, p. 8).

A empresa atua como elo integrante da cadeia de suprimentos do setor automotivo brasileiro há mais de 50 anos possuindo experiência no contexto explorado neste estudo. A coleta de dados e informações demostraram que a demanda foi drasticamente reduzida e a comunicação passou a ser imprecisa e vaga, sem permitir planejamento de ações em níveis produtivos.

Tal fato implicou em grande dificuldade pela cadeia em prever e definir seus volumes e planos de produção frente às incertezas, fazendo com que todos os *players* ficassem sem informação precisa até que os acordos e as políticas fossem devidamente definidos e implementados.

Neste período a política interna adotada pela empresa em relação aos seus funcionários e ao processo de produção foi marcada pelo congelamento e paralisação das atividades frente à queda abrupta da demanda. Cortes de programas na cadeia e medidas de contenção foram adotadas, como férias aos funcionários e também redução da jornada

de trabalho para outros, conforme medidas governamentais.

A capacidade produtiva reteve-se diante das incertezas de demanda e está parcialmente voltando, porém sem o seu potencial produtivo.

Quanto a mensuração percentual dos impactos na demanda e nos estoques da empresa relatórios estão sendo gerados, evidenciando o mês de Abril de 2020 como um período de maior vulnerabilidade e consequências economias e produtivas para empresa, fornecedores e clientes.

Em termos de magnitude, o percentual na demanda teve redução em torno de 50 %. Nos níveis de estoque os números foram alarmantes, (aumento no seguimento de veículos de passeios (linha leve) na ordem de 40% e veículos comerciais (linha pesada) na ordem de 15%), puxado principalmente por material importado em trânsito. Uma vez que o estoque mantido regularmente cobre 30 dias em média variando conforme origem, classificação ABC e políticas de segurança e compras, como tipo de cliente e lotes mínimos.

O que contribuiu neste período, de acordo com a empresa, para um acúmulo de material importado, decorrendo da relação de importação.

A ruptura brusca, momentânea com fornecedores internacionais e a recusa /renúncia por aquisição de materiais acentuou a perceptiva quebra total da cadeia de suprimentos.

Mediante ao acréscimo de material estocado, a planta da empresa dispõe de sede e espaço físico para suportar os níveis acentuados de estoque. Além de trabalhar com peças e itens não perecíveis, o que para o estudo de caso abordado ameniza maiores perdas, visto que, empresas de outros ramos podem não ter capacidade de armazenamento e seus itens serem perdidos ou depreciados.

As expectativas e percepções da empresa para quando for possível o retorno total das atividades, refletem a necessidade empresarial em aprender e questionar seu modo operatório.

Nesta fase a tolerância ao risco de uma possível quebra de abastecimento é muito grande, frente às condições de força maior, as difíceis decisões de redução de programas com base em premissas e não na informação da cadeia e por conta das reduções e até, eliminação das seguranças.

Apontou-se que haverá um efeito chicote que precisará ser administrado. A confiança nas informações levará tempo e as adequações dos estoques dependerão de muitos fatores, dentre eles, a própria revisão de contratos e políticas de entregas.

Foi estimado meses, talvez ano, para que a cadeia volte a se estabilizar e se corrigir com novos parâmetros e políticas tendo em vista que muitas empresas podem não passar por este desafio.

Já as restrições identificadas sobre o alcance da tecnologia, admitiu-se primordialmente que há uma restrição atrelada a cada negócio de maneira específica e no respectivo modo que é realizada a cobertura de estoque.

Ainda existe no ambiente de simulação da empresa, limitações e incertezas,

pois não foram testadas situações extremas como as vigentes. Além das oscilações de demanda o problema referente a contratos e respostas impede que as tecnologias possam resolver problemas. Entrando em questão aspectos humanos e de relacionamento/cultura organizacional.

Também identificou-se na análise que há evolução de tentativas te transparência na cadeia por conta de novos sistemas eletrônicos que integram os diversos *players* e em que alguns casos o fornecedor consegue visualizar o estoque e alcance de seus clientes, todavia, no atual cenário de pandemia, fica muito mais evidente as políticas de gestão de risco e inter-relações quando observamos o comportamento e decisões dos diversos clientes e fornecedores e correlaciona este comportamento com a sua origem matricial, evidenciando que há uma grande diferença na abordagem por conta da cultura e classificação geográfica.

5 I RESULTADOS

Ainda não há a devida compreensão dos motivadores colaborativos e da importância de desenvolvê-los, embora a empresa não tenha restrição a investimentos em tecnologia, desenvolvimentos de produtos e qualificação dos colaboradores.

A motivação econômica e de mercado existe porém a partir da análise dos dados do relatório do SINDIPEÇAS, sem considerar o período atual, havia queda nas vendas no mercado interno. (SINDIPEÇAS, 2019, p. 2). O impacto das relações internacionais tende alterar a visão e projeção de motivadores, pois a credibilidade de países será questionada e acionistas podem deixar de investir.

Na empresa não há motivadores organizacionais que dão o devido suporte a colaboração, ressaltando Camarinha-Matos et al. (2019), é necessária a propagação de uma nova cultura colaborativa.

Na rede a qual a empresa participa falta visibilidade e transparência com relação aos dados e informações por parte do cliente. Não há o atendimento ao quesito de colaboração o que dificultou ainda mais a previsão e definição dos volumes (de produtos e demanda) e planos de produção frente às incertezas.

Quanto aos fatores externos, os efeitos amplificados do não compartilhamento de informações, em especial do cenário desencadeado pela pandemia, a incerteza de mercado impactou diretamente nas relações comerciais com ruptura com fornecedores internacionais e a recusa /renuncia por aquisição de materiais.

O sucesso de experiências colaborativas de outras empresas assim como a adoção de sistemas eletrônicos para acompanhar o mercado, permitem maior interação e visibilidade dentro da cadeia.

Corroborando com Camarinha-Matos et al. (2019), no atual cenário de pandemia, é evidente as políticas de gestão de risco e inter-relações quando observa-se o comportamento

e decisões dos diversos clientes e fornecedores.

A eficácia da colaboração no estudo de caso é correlacionada como o comportamento dos gestores das empresas como apontado por Holweg et al. (2005), o nível em que os esforços estão alinhados às configurações da cadeia de suprimentos em termos de dispersão geográfica, padrão de demanda, e as características do produto é considerada para determinar qual e como será a colaboração.

Nos elementos facilitadores a empresa demostrou ter compatibilidade tecnológica suficiente para ter uma gestão colaborativa, porém a transposição para o conhecimento tácito e explicito de ainda é um desafio assim como a compatibilidade cultural e gerencial, conforme destacado por Rycroft e Kash (2004) e Blos e Wee (2018).

No presente escopo o sistema corporativo contempla inconsistências quanto a precisão dos registros: dados e informações. Há equívocos quanto à acuracidade dos dados entre os *players*.

Mas é preciso estipular formalmente diretrizes que determinem procedimentos e políticas operacionais conjuntas para lidar com a rotina da operação e eventos imprevistos da cadeia. Definindo papéis, responsabilidades e o gerenciamento das informações operacionais criando-se vínculos financeiros que transformem o desempenho mútuo como forma de alcançar os resultados.

Devido à falta de confiança na fidelidade entre a empresa líder da cadeia e empresas fornecedoras há grande preocupação com relação ao compartilhamento dos dados e informações que podem ser transmitidos para a concorrência, mesmo diante de um momento único de dificuldades. Consequência: é evitada qualquer colaboração entre empresas. Os elementos componentes para atividades em conjunto com empresas são restritos, por conta de contratos de sigilo não há troca de informação.

Conclui-se que barreiras para implementação de iniciativas colaborativas devem ser identificadas e trabalhadas. A empresa demostrou ter no ambiente de simulações limitações e incertezas dado o fato de situações extremas não serem testadas.

6 I DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A quebra de contratos e ausência de respostas elucidou que aspectos humanos e organizacionais precisam ser trabalhados dentro e fora da empresa.

Uma análise de desempenho de forma continua e em tempo real simultaneamente com o aumento da colaboração por parte dos agentes é determinante para eficácia da gestão colaborativa que proporciona a integração ressaltada por Bowersox e Closs (2007 apud Sardo e Marques, 2019). A comunicação e atribuição de responsabilidades nas iniciativas colaborativas, conforme Silva (2019) podem permitir a empresa alcançar uma cadeia de suprimentos com fornecimento sincronizado.

Os impactos do coronavírus (Covid-19) nos níveis de estoque e produção da cadeia

de suprimentos de uma Indústria do setor de autopeças foram expressivos e em âmbito global, a imprevisão de demanda e incertezas do mercado proporcionou o significativo aumento de material estocado com redução e quebra da produção.

Efeitos foram ampliados pela falta de integração no compartilhamento do fluxo de informações entre os *players* da rede. Como esperado devido às incertezas do momento o efeito chicote se intensificou.

A análise da Cadeia de Valor sugere a investigação de pontos de fragilidade da cadeia e posteriores ações. Assim como medidas de micro fusões e estabelecimento de elos. A revisão da literatura e o estudo de caso corroboram com a exposição da relevância da adoção de iniciativas colaborativas.

Os elementos facilitadores e motivadores, nos componentes e no escopo do gerenciamento colaborativo, assim como barreiras da implementação de iniciativas colaborativas e análise continua de desempenho, são ressaltados e cruciais para obtenção de uma empresa em rede, colaborativa e integrada com potencial para sobreviver e se adaptar no momento vigente e na eminência da quarta revolução industrial.

Além das restrições operacionais potencializadas no momento atual o setor de autopeças deve sofrer nos próximos anos um impacto significativo na inovação tecnológica dos diferentes componentes fornecidos para as montadoras devido às mudanças previstas de projeto de acordo com o relatório anual SINDIPEÇAS (2019).

Para futuras pesquisas é sugerido, pelos autores deste artigo, um aprofundamento dos estudos compartilhados entre a academia e a indústria automotiva nas mudanças significativas que devem ser previstas e adotadas ao *modus operandi* das cadeias de suprimentos do setor, inserindo uma análise das causas do distanciamento do conceito de redes colaborativas.

NOTA DE AGRADECIMENTO

Agradecemos ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, R. **Situação do Brasil é 'menos crítica' do que a de outros países**. *G1 Economia (Globo News).* Disponível em: https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2020/05/14/ azevedo-situacao-do-brasil-e-menos-critica-do-que-a-de-outros-paises.htm. Acesso em :14 de maio de 2020.

BALDWIN, R.; DI MAURO, B. W**. Economics in the time of COVID-19: A new eBook.** VOX CEPR Policy Portal, 2020.

BLOOM, D. E.; KUHN, M.; PRETTNER, K. **Health and economic growth**. 2018.

BLOS, M. F.; WEE, H.M. **A supply chain vulnerability map for the Automotive and Electronic industries in Brazil.** International Journal of Service Management and Sustainability, v. 3, n. 2, p. 83-95, 2018.

CAMARINHA-MATOS, L. M.; FORNASIERO, R.; RAMEZANI, J.; FERRADA, F. **Collaborative networks: a pillar of digital transformation.** Applied Sciences, 9(24), 5431.2019

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento.** In: Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento. 2007. p. 594-594.

DANESE, P.; ROMANO, P. **Supply chain integration and efficiency performance: a study on the interactions between customer and supplier integration.** Supply Chain Management: An International Journal, 2011.

DA SILVA, J. A. B. **Métodos e práticas colaborativas na cadeia de suprimentos: revisão de literatura**. Navus: Revista de Gestão e Tecnologia, v. 9, n. 2, p. 76-91, 2019.

DE OLIVEIRA, R. F.; GUERRINI, F. M. **Características das tipologias de redes de cooperação entre empresas.** 2002.

FREITAS, D. C. D.; OLIVEIRA, L. G. D.; ALCÂNTARA, R. L. **Estrutura teórica para a adoção de iniciativas de colaboração em cadeias de suprimentos.** Gestão & Produção, v. 26, n. 3, 2019.

GUERRINI, F. M.; PELLEGRINOTTI, C. C. **Reference model for collaborative management in the automotive industry.** Production Planning & Control, v. 27, n. 3, p. 183-197, 2016.

HOLWEG, M.; DISNEY, S.; HOLMSTRÖM, J.; SMÅROS, J. **Supply chain collaboration: making sense of the strategy continuum.** European management journal, 23(2), 170-181.2005

PFOHL, H. C.; BUSE, H. P. **Inter-organizational logistics systems in flexible production networks: An organizational capabilities perspective**. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2000.

RIBEIRO, F. J. D. S. P.; NONNENBERG, M. J. B.; CARNEIRO, F. L.; MENDONÇA, M. A. A. D.; ARAÚJO, M. D. A.; ANDRADE, G. G. D.**Cenários para o comércio exterior brasileiro (2020-2021): estimativas dos impactos da crise da Covid-19**.2020

RIBEIRO, J.; ZIVIANI, F.; NEVES, J.; CORREA, F. **Inovação social e gestão do conhecimento estratégico: estudo de caso na cadeia de suprimentos reversa.** Perspectivas em Gestão & Conhecimento, João Pessoa, v. 9, n. 1, p. 285-302, 2019.

RYCROFT, R. W.; KASH, D. E. **Self-organizing innovation networks: implications for globalization.** Technovation, v. 24, n. 3, p. 187-197, 2004.

SARDO, B. C.; MARQUES, M. **Aspectos importantes para a identificação de uma cadeia de suprimentos.** Revista Produção Industrial e Serviços, v. 6, n. 2, p. 01-11, 2019.

Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores e Associação Brasileira da Indústria de Autopeças. **Desempenho do Setor de Autopeças (Brasilian Auto Parts Industry Performance).** São Paulo, SP: [n.p.].2019

VENTURA, M. M. **O estudo de caso como modalidade de pesquisa**. Revista SoCERJ, v. 20, n. 5, p. 383-386, 2007.

WEICHHART, G.; STARY, C.; VERNADAT, F. **Enterprise modelling for interoperable and knowledge-based enterprises**. International Journal of Production Research, v. 56, n. 8, p. 2818-2840, 2018.

YIN, R. K. **Estudo de Caso-: Planejamento e métodos**. Bookman editora, 2015.

CAPÍTULO 12

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO LUCRATIVA ANÁLISE CRÍTICA DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

Data de aceite: 01/07/2021

Márcia Regina Marques Amado da Silva
Doutoranda
Unisinos/Campus São Leopoldo-RS
IFTO/Campus Araguatins-TO

RESUMO: A atividade do trabalho encontra cisão entre o planejamento e a execução, à medida em que atende aos interesses do capital. No percurso histórico da humanidade, o trabalho passou a se organizar por meio dos paradigmas taylorista, fordista e toyotista. Tais paradigmas rígidos e/ou flexíveis de desenvolvimento trouxeram consequências adversas para o trabalhador. Baseado no exposto, este artigo científico teve o objetivo de analisar o Sistema Toyota de produção sob a ótica do trabalho, de formas a identificar as características da engenharia de produção geradora de lucro. A metodologia utilizou uma pesquisa qualitativa de cunho exploratório, com estratégia bibliográfica. Como resultados, se conclui que a engenharia de produção tem o fim de melhorar os métodos de trabalho, associando tempo e ação para que ambos rendam lucros econômicos.

PALAVRAS - CHAVE: Toyotismo. Engenharia. Produção. Lucro.

PROFITABLE PRODUCTION ENGINEERING CRITICAL ANALYSIS OF THE TOYOTA PRODUCTION SYSTEM

ABSTRACT: Labor activity finds a split between planning and execution, as it serves the interests of capital. In the historical path of humanity, work started to be organized through the Taylorist, Fordist and Toyotist paradigms. Such rigid and / or flexible development paradigms brought adverse consequences for the worker. Based on the above, this scientific article aimed to analyze the Toyota production system from the perspective of work, in order to identify the characteristics of profit-generating production engineering. The methodology used a qualitative research of an exploratory nature, with bibliographic strategy. As a result, it is concluded that production engineering aims to improve working methods, combining time and action so that both yield economic profits.

KEYWORDS: Toyotism. Engineering. Production. Profit.

1 I INTRODUÇÃO

O trabalho representa um atributo próprio da condição humana. No cerne da concepção capitalista, o trabalho encontra uma cisão entre o planejamento e a execução. Essa cisão, de base racional instrumental, atende aos fins do capital, levando o trabalho a assumir uma concepção negativa, de conotação de sofrimento. (MARX, 2011).

No decorrer das formas históricas pelas

quais o trabalho passou, este se organizou por meio de paradigmas rígidos, dentre os quais o taylorismo, o fordismo e o toyotismo. A realidade tem mostrado que em sua Organização, o Trabalho, tanto quando assume paradigmas mais rígidos de desenvolvimento, quanto mais flexíveis, traz consequências adversas para o trabalhador, refletindo sobre o ambiente social, econômico, político e ideológico.

As sucessivas reformas de paradigmas que afetam a organização do trabalho devem ser entendidas como necessidade do mercado, que exige constantes alterações ideológicas e operacionais para garantir a competitividade e a produtividade necessárias à manutenção da ordem capitalista. Tem-se no trabalho a ação orientadora para um determinado fim, o fundamento da natureza humana, fonte de realização das potencialidades da natureza social do ser humano (GRANEMANN, 2009).

No ano de 1945 os japoneses, derrotados, se retiraram da Segunda Guerra Mundial. A partir da derrota, suas máquinas e recursos financeiros foram tomados pelos aliados, sendo que, devido ao esforço de guerra, o Japão estava economica e industrialmente sem condições de se reerguer em sua economia. Vindo a acontecer somente 20 anos depois do término da Segunda Guerra Mundial qunado os produtos japoneses invadiram o mercado americano. De acordo com Pires (2001), a ascensão japonesa foi motivada pelo Modelo Japonês de Gestão, o qual se embasa no uso de ferramentas, métodos e práticas gestoras. Nesse modelo, se criam termos como Qualidade Total e Produção Enxuta.

Este trabalho teve o objetivo de analisar o sistema Toyota de produção e identificar as características da engenharia de produção geradora de lucro. Na primeira seção apresenta-se a introdução. Na segunda seção trata da metodologia da pesquisa. A seção três discute as concepções sobre o trabalho, o toyotismo, terceirização e engenharia de produção lucrativa. A quarta seção faz as considerações finais.

2 I MÉTODO DA PESQUISA

A “metodologia é o estudo da organização, dos caminhos a serem percorridos, para se realizar uma pesquisa ou um estudo, ou para se fazer ciências” (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 12).

Se alerta que a metodologia se relaciona ao caminho proposto para se chegar ao objetivo, indo além da descrição dos procedimentos. A escolha da metodologia orienta sobre o fim que se quer alcançar com o estudo. Assim, em uma pesquisa, a metodologia se aprofunda nos métodos e técnicas que serão utilizados pelo pesquisador, sendo que os procedimentos e o rigor a ser utilizado é que vai permitir o caráter científico da pesquisa.

A esse respeito, Kude (1989, p. 09), afirma que “em síntese, a metodologia somente pode oferecer-nos uma compreensão de certos métodos e técnicas que provaram seu valor na prática da pesquisa (...)”.

Barros (1986, p. 01), analisa que a metodologia “consiste em estudar e avaliar os

vários métodos disponíveis, identificando suas limitações ou não, ao nível das implicações de suas utilizações".

Baseado no exposto anteriormente, se compreende que a metodologia de uma pesquisa se relaciona a um conjunto de etapas que são dispostas de forma ordenada para se buscar a verdade sobre os fatos. A metodologia é usada no estudo de uma ciência ou para alcançar determinado fim que inquieta o pesquisador, provocando uma indagação.

A metodologia também se relaciona a um conjunto de atividades sistemáticas e racionais que permite alcançar o objetivo - conhecimentos válidos e verdadeiros -, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista. (LAKATOS e MARCONI, 1991).

Assim, foi feito inicialmente uma pesquisa documental-bibliográfica, livros, sites, artigos, revistas cujo objetivo foi catalogar e indicar os fundamentos teóricos e os percursos empíricos a serem percorridos.

3 I TOYOTISMO E O MODELO DE PRODUÇÃO

O trabalho se configura como ocupação básica da humanidade há muitos anos, sendo objeto de estudo de diversas áreas como administração, economia, psicologia e sociologia. A gênese da palavra trabalho pode ser encontrada no grego *ergon,* com o sentido de obra feita por meio do exercício de uma ação (KRAWULSKI, 1991). A palavra *argein* possui o significado de lazer e *ponos* significa pena e fadiga. Assim, baseado no exposto, verifica-se a existência de uma palavra para o sentido de fabricação, outra para o significado de esforço.

Analisando a palavra trabalho no latim, *laborare,* esta tem o significado de trabalhar, laborar, como também tem o sentido de padecer ou sofrer alguma pena ou risco.

Em português, se origina do latim *Tripalium*, remetendo a um "instrumento feito de três paus aguçados, no qual os agricultores batiam os cereais para que fosse possível processá-los" (ALBORNOZ, 2002, p.10). Entretanto, alguns dicionários registram *tripalium* somente como um instrumento de tortura.

Observa-se, assim, que a palavra trabalho remete a vários significados que dizem respeito tanto à concepção de atividade criadora e transformadora, quanto a um significado de dor, sofrimento e tortura.

As questões que se relacionam ao trabalho e às transformações da natureza empreendidas por meio do trabalho foram imprescindíveis para o processo da evolução humana.

Revisitando o conceito de trabalho em Marx (2011, p. 211), pode-se inferir que "antes de tudo, o trabalho é um processo de que participam o homem e a natureza, processo em que o ser humano, com sua própria ação, impulsiona, regula e controla seu intercâmbio material com a natureza". Assim, o trabalho é uma ação deliberada sobre a natureza que

nada tem a ver com as atividades instintivas e mecânicas que realizam outros animais.

Assim, a forma de refletir acerca das ações sobre a natureza é de pertencimento humano, pois o homem planeja idealmente as possibilidades de realizar essa ação, concebendo-se o trabalho como um processo em que o homem controla a natureza.

Marx (2011), analisa que o trabalho possui uma dimensão ontológica, de criação e produção de bens e uma dimensão histórica, a qual parte do princípio de que ao longo de sua história o homem foi produzindo sua existência através de diferentes formas de trabalho.

Elucida-se, assim, a dupla determinação do trabalho: ontológica – produção da vida humana independentemente da maneira como se manifesta – e histórica, que parte do princípio de que, ao longo de sua vida, o ser humano organizou-se através de relações sociais de produção da vida que proporcionou o surgimento de diferentes formas de trabalho, quais sejam o trabalho escravo, o servil e o assalariado.

O modo de produção expressa a materialidade ontológica, pois o que o homem produz está determinado pelo seu modo de vida e o que é produzido não se dissocia da forma como produz.

Em sua dimensão histórica, o trabalho assumiu diferentes formas, existindo uma determinação histórica na natureza do trabalho, porque: Até as categorias mais abstratas – precisamente por causa de sua natureza abstrata – apesar de sua validade para todas as épocas, são, contudo, na determinação desta abstração, igualmente produto de condições históricas, e não possuem plena validez senão para estas condições e dentro dos limites destas (...). O desenvolvimento histórico repousa em geral sobre o fato de a última forma considerar as formas passadas como etapas que levam a seu próprio grau de desenvolvimento, e dado que ela raramente é capaz de fazer a sua própria crítica, e isso em condições bem determinadas – concebe-os sempre sob um aspecto unilateral (MARX, 2011, p.120).

Essas diferentes formas de trabalho se configuraram através da divisão do trabalho e da apropriação privada da terra, o que provocou a ruptura da unidade de trabalho que existia nas comunidades primitivas.

Através da divisão do trabalho e da apropriação privada da terra, os homens passaram a se dividir fundamentalmente em classes sociais: a classe dos proprietários e a dos não-proprietários.

Essa divisão do trabalho em classes teceu efeitos sobre a compreensão ontológica do homem, pois conforme elucidado anteriormente, se é o trabalho que define a essência humana, então não é possível ao homem viver sem o trabalho. Contudo, com a divisão do trabalho e o surgimento da classe de proprietários e não-proprietários, tornou possível à classe dos proprietários viver sem trabalhar, usufruindo do trabalho alheio para o seu próprio benefício" [...] do trabalho dos não-proprietários que passaram a ter a obrigação de, com o seu trabalho, manterem-se a si mesmos e ao dono da terra, convertido em seu

Senhor" (SAVIANI, 2007, p.155).

Anteriormente, as atividades do trabalho não requeriam instrumentos sofisticados para a produção material. Porém, por meio do desenvolvimento da produção, o trabalho que antes era feito em equipe passou a ser dividido entre os homens. No processo da vida social, o trabalho passou a ser reduzido a dimensões economicistas de fator de produção, emprego ou função.

A década de 1970 representou um período de mudanças em diferentes campos sociais, as quais ocorreram devido ao desenvolvimento das tecnologias da comunicação e da informação. O desenvolvimento dessas tecnologias provocou a intensificação do processo de trabalho, transformando a base de produção de eletrônica para microeletrônica, repercutindo na reestruturação das funções dos trabalhadores. No aspecto que diz respeito à reestruturação da produção, introduz-se a terceirização como sua principal estratégia, permitindo recompor as taxas de lucro pelas empresas e oferecendo aos capitalistas maior controle sobre a força de trabalho.

Para Pedro Vidal Neto: A terceirização pode aplicar-se, portanto, quer à produção de bens, é dizer de componentes do produto final, quer à execução de serviços, mas somente se caracteriza quando inserida como etapa regular no processo de produção de uma empresa, poupando-a de obtê-los com a utilização de seus próprios equipamentos e de seu próprio pessoal. Não se perfaz pelo simples cometimento da execução de certas tarefas, a terceiros, de modo eventual e esporádico. (VIDAL NETO, Pedro. A Terceirização Perante o Direito do Trabalho. In: MALLET, Estevão; ROBORTELLA, Luiz Carlos Amorim (coord.) Direito e Processo do Trabalho. São Paulo: LTr, 1996, p. 91).

Embora a terceirização já existisse na indústria e no setor de serviços é na década de 1970 que ela passa a ser estratégia do sistema capitalista, devido à expansão dos princípios toyotistas de gestão e organização do trabalho. Antunes (2002), afirma que o sistema de produção flexível introduz a concepção do atendimento ao cliente fundamentado no padrão de qualidade, mascarando os princípios de um modelo que estimula a competição, o individualismo e a própria ideologia neoliberal.

Portanto, temos que levar em conta os variados modos de produção, que ocasionaram uma gama de alterações na organização produtiva, haja vista as consequências das diferentes formas com que o homem passou a se relacionar com o direito do trabalho.

Nos Estados Unidos, iniciou-se o desenvolvimento do chamado modelo fordista de produção, cuja base era um conjunto de ações, que iam desde o controle do trabalho até a criação de hábitos de consumo. Portanto, foram várias transformações, ocorridas no mundo na década de 90, principalmente no modo de produção, sendo que:

O apogeu do desenvolvimento tecnológico e das lentas e subliminares transformações no plano da economia, com a empresa capitalista pouco a pouco sobrepujando a oficina artesanal, coincidem com o paroxismo da crise do antigo remímen político e econômico feudatário. Não obstante, os ideários da revolução burguesa restam alijados da fábrica

capitalista, no que tange à conformação organizativa da produção e ao controle do trabalho. (MELHADO, Reginaldo. Poder e sujeição. São Paulo: LTr. 2003, p. 144 -145.)

Sendo que o Toyotismo, estabelecido por toyoda kiichiro, pensou a economia em termos de redução da força de trabalho e de redução de custos,atarvés de um sistema de gerenciamento focado exclusivamente no atendimento das necessidades do cliente, sem perder a essência de perseguir a eliminação de toda e qualquer perda no processo produtivo.

Assim, o toyotismo se cria como modelo alternativo ao taylorismo/fordismo e, de acordo com Antunes (2002), possui as seguintes características:

> a) produção vinculada à demanda que visa atender às exigências mais individualizadas do mercado consumidor, diferenciando-se da produção em série de massa taylorista/fordista;
>
> b) fundamenta-se no trabalho operário em equipe, com multivariedade de funções, o que rompe com o caráter parcelar típico do fordismo;
>
> c) produção estruturada num processo produtivo flexível que possibilita ao trabalhador operar simultaneamente várias máquinas;
>
> d) tem como princípio o just in time, aproveitando o melhor tempo de produção;
>
> e) funciona segundo o sistema kanban, placas ou senhas de comando para reposição de peças e de estoques. Os estoques são mínimos comparados com os do fordismo;
>
> f) as empresas têm uma estrutura horizontalizada, ao contrário da verticalidade fordista. A fábrica toyotista é responsável por apenas 25% da produção enquanto na fordista, aproximadamente 75% da produção ocorriam no seu interior;
>
> g) organiza os Círculos de Controle de Qualidade, através de grupos de trabalhadores instigados pelo capital a discutir seu trabalho e desempenho, visando melhorar a produtividade, tornando-se um importante instrumento para o capital se apropriar do saber-fazer intelectual e cognitivo do trabalho, que o fordismo desprezava (LOCH e CORREIA, 2004, p. 10-11).

As transformações políticas e econômicas e o avanço tecnológico geram mudanças no mundo do trabalho tanto no aspecto conjuntural como no estrutural. Com a criação do toyotismo, novo sistema produtivo, o trabalho passa a necessitar de um trabalhador mais qualificado e criativo, que participasse de todo o processo de produção. Uma das características do toyotismo é o sistema “Just in Time”, ou seja, produzir somente o necessário, no tempo necessário e na quantidade necessária. Sendo que tudo começou com a crise do petróleo em 1973, pois até então o método de produçao da toyota ensinava a produzir mercadorias, tanto quanto fosse possível e em um fluxo contínuo, utilizando o mesmo método dos estados unidos, que era o sistema de produçao em massa.

Foi quando Taiichhi Ohno, ao perceber o grande desperdício gerado pelo método,

incorporou a ideia de seu antecessor, e como forma de aumentar os ganhos, criou o sistema just in time para mitigação dos desperdícios, afirmando de forma categórica que “para implementar o sistema toyota de produção em nosso próprio negócio, deve haver uma total compreensão das perdas. a menos que todas as fontes das perdas sejam detectadas e eliminadas, o sucesso irá sempre tornar-se apenas um sonho “. (TAIICHI OHNO,1988).

Taiichi Ohno, (1988), destaca ainda, dois pontos fundamentais para compreender a necessidade da absoluta eliminação de perdas no processo produtivo: 1. Só faz sentido aumentar a eficiência da produção quando é necessário reduzir os custos. Para alcançar este objetivo, torna-se essencial fabricar apenas os produtos necessários usando a mínima força de trabalho. 2. É essencial observar e estudar a eficiência de cada operador e de cada linha, sendo necessário analisar os operadores como um grupo e verificar a eficiência de todas as linhas produtivas e, em cada passo da produção, ao mesmo tempo, sendo observado as necessidades da planta como um todo.

Conforme Rummert (2007), a partir da década de 1990, a divisão do trabalho no sistema produtivo brasileiro verifica-se em meio a um quadro de estrutura produtiva defasada em face às conquistas das novas tecnologias, da flexibilização e da reestruturação produtiva.

Depois de uma fase de expansão com ganhos reais para uma parcela da classe trabalhadora (nos países que representam o núcleo orgânico e poderoso do capitalismo) o sistema entra em crise em suas taxas de lucro e exploração. A natureza dessa crise o impulsiona a especulação do capital financeiro, que não é comum para todos instaurando-se uma competição feroz entre grandes grupos econômicos e corporações transnacionais (poder de fato do mundo), que concentra a riqueza, a ciência e a tecnologia de ponta.

Martins (2010), afirma que a expressão desse novo regime se apresenta embasado no modelo toyotista, que se cria objetivando o consumo de todos os tipos de bens e serviços, influenciando a cultura e a sociedade. A redefinição de funções no modelo toyotista implementou a *horizontalização* da atividade econômica da empresa, em oposição ao método utilizado pelo taylorismo/fordismo, de organização verticalizada.

De acordo com Harvey (2011), a base do método de produção de Taylor e Ford era a separação entre gerência, concepção, controle e execução onde a produção homogeneizada e enormemente verticalizada obedecia à uniformidade e padronização, em que o trabalho rotinizado, disciplinado e repetitivo aliava-se ao parcelamento das tarefas, conduzindo o trabalho operário à desqualificação.

Antunes (2002, p. 37) acrescenta que:

[...] Esse processo produtivo caracterizou-se, portanto, pela mescla da produção em série fordista com o cronômetro taylorista, além da vigência de uma separação nítida entre elaboração e execução. Para o capital, tratava-se de apropriar-se do *savoir-faire* do trabalho, ‘suprimindo’ a dimensão intelectual do trabalho operário, que era transferida para as esferas da gerência científica. A atividade de trabalho reduzia-se a uma ação mecânica

e repetitiva.

Repetir mecanicamente centenas de vezes a mesma operação repercutia na precisão e na rapidez do serviço, mas não representava um crescimento intelectual para o trabalhador e nem tampouco gerava identificação e satisfação pelo que fazia, provocando insatisfações e o estranhamento entre trabalho e trabalhador, já que o indivíduo não se via enquanto elemento constitutivo do processo de trabalho.

A respeito do termo horizontalização, Martins (2010, p. 20) afirma que "alguns autores, especialmente no âmbito da Administração de Empresas, usam o termo horizontalização da atividade econômica, em que as empresas transferem para outra parte das funções que exerciam diretamente". Assim, nesse contexto, a classe trabalhadora "[...] compreende a totalidade dos assalariados, homens e mulheres que vivem da venda de sua força de trabalho, (a classe que vive do trabalho, conforme nossa denominação) e que são despossuídos dos meios de produção)" (ANTUNES, p. 1. 2009).

Assim, o modelo de acumulação flexível foi responsável pela diminuição do número de trabalhadores, contribuindo para o retrocesso do poder sindical, pois se necessitava aumentar a produção sem repercutir no aumento do número de trabalhadores.

Assim, como consequência imediata, o toyotismo repercutiu na organização dos trabalhadores, combatendo o sindicalismo de classe ou qualquer forma de organização que coloque em lados opostos o patrão e o trabalhador.

Até a década de 1980, o modelo de acumulação industrial do Brasil apoiava-se na existência de uma força de trabalho desqualificada, barata e descartável. O advento da indústria moderna simplificou os ofícios e também a qualificação do trabalhador, já que a máquina passou a fazer as funções manuais, transferindo para a maquinaria as atribuições próprias do trabalho manual. Assim, o saber intelectual antes indissociável do artesão que elaborava e executava o seu ofício manual passa a desvincular-se deste e a incorporar-se ao manuseio da máquina pelo homem.

No entanto, mesmo para manusear a máquina, o homem necessitava de um conhecimento específico, embora mínimo, mas elementar que alçou a escola na condição de equacionar no seu currículo as exigências à essa nova condição, originando os cursos profissionais organizados no âmbito das empresas ou pelo próprio sistema educativo "tendo como referência padrão escolar, mas determinados diretamente pelas necessidades do processo produtivo" (SAVIANI, 2007, p. 157).

Nos anos 1990-1992 com a política econômica instituída pelo Governo Collor que aborda o discurso de modernizar o Brasil, adota-se o projeto neoliberal, aceitando o pacote de políticas recomendadas pelo Banco Mundial e Fundo Monetário Internacional – FMI. Nesse aspecto, adentrou-se na década da qualidade, cujo discurso da produtividade e competitividade incluiu o país na nova ordem mundial.

Esse novo modelo econômico implicou consideravelmente no conjunto das empresas atuantes no Brasil, pois a exigência de novos programas de gestão da produção,

reorganização do trabalho e inovação tecnológica, obrigou as empresas a se reciclarem para que fosse possível enfrentar a concorrência.

Ao discutir sobre o processo de terceirização no Brasil, compreende-se que este preponderou fundamentado em duas modalidades. A primeira diz respeito à busca pela qualidade e competitividade, representada pela transferência de inovações tecnológicas e gestão de qualidade para as empresas contratadas. A segunda modalidade é aquela que predomina nas empresas brasileiras e se perpetua ancorada na redução de custos com evidente precarização do trabalho e do emprego.

3.1 O espírito toyotista de produção

O toyotismo se constitui como uma ideologia orgânica que alicerça a reestruturação produtiva do capital. Esse modelo (toyotismo) possui protocolos técnico-organizacionais, baseado em valores e regras de gestão do trabalho nas empresas, atingindo, no século XXI, os mais diversos empreendimentos capitalistas, repercutindo na indústria e serviços (ALVES, 2011).

Conforme Alves (2011), o toyotismo, além de ser um modelo japonês ou Sistema Toyota de Produção, possui princípios de gestão de produção e do trabalho vivo. No decorrer da década de 1980, o toyotismo apareceu por meio da concepção de *lean*[1] *production*, sendo adotado por várias empresas. O toyotismo se integra às inovações organizacionais que fundamentam o complexo da reestruturação produtiva.

De acordo com Ohno, (1997, p. 28): o sistema Toyota de Produção, com seus dois pilares defendendo a absoluta eliminação do desperdício, surgiu no Japão por necessidade. Hoje, numa época de lento crescimento econômico no mundo inteiro, esse sistema de produção representa um conceito em administração que funcionará para qualquer tipo de negócio.

No livro intitulado O Sistema Toyota de Produção – Além da produção em larga escala, Ohno expõe as técnicas desse sistema, esclarecendo o público acerca dos princípios e conceitos desse novo sistema de produção flexível de mercadorias. “Para ele, o trabalho na manufatura é um jogo em equipe [...] Na verdade, o trabalho em equipe é essencial para o Sistema Toyota de Produção” (ALVES, 2011, p. 45).

Por ser caracterizada uma fábrica enxuta, Alves (2011), enfatiza que o toyotismo impulsiona o aumento da terceirização, ou seja, mão de obra temporária. Sendo que, É a *lean production* que explica o processo de desconcentração e até mesmo desaglomeração das grandes unidades produtivas, da descentralização de sua gestão, cujo controle pela matriz torna-se possível graças ao desenvolvimento das novas tecnologias de informação e comunicação (BIHR, *apud* ALVES, 2011, p. 49).

O termo terceirização é um neologismo “entendido como a combinação da palavra

1 O vocábulo *Lean* foi usado no livro “A Máquina que Mudou o Mundo” de Womack, Jones e Roos (1992). Nesse livro se discutiu o resultado de um estudo realizado pelo *Massachusetts Institute of* Technology – MIT, que tratou das vantagens no uso do STP.

terceiro ao sufixo izar" (MARTINS, 2010, p.19). Martins (2010) afirma que há os que defendem a terceirização à medida que empresas especializadas e encarregadas em prestar serviços, consequentemente, os farão com maior qualidade. Outrossim, tenderá a aumentar a competição entre as empresas, pois "incrementa a produtividade e a qualidade na produção, originando competitividade no mercado, o que pode baratear o preço dos produtos" (MARTINS, 2010, p. 23).

Castro (2012), ao analisar a terceirização elucida que é: [...] uma relação jurídica que envolve o interesse de três partes. Daquela que contrata os serviços de uma empresa especializada em determinado serviço, a fim de poder concentrar seus recursos materiais e humanos em sua atividade principal, chamada tomadora. Por sua vez, a empresa especializada nos serviços contratados é chamada prestadora (CASTRO, 2012, p. 82).

Carelli (2003), afirma que a terceirização expressa: a real intenção do empresariado brasileiro no repasse a 'terceiro', no sentido de 'outro', da posição de empregador na relação empregatícia (e consequentemente da responsabilidade sobre os encargos e direitos trabalhistas) com seus empregados (CARELLI, 2003, p. 74).

Discorrendo sobre a terceirização, Camargos (2012, p. 371) afirma que: [...] terceirização consiste na transferência de atividades de uma empresa para terceiros, ou seja, na subcontratação para realização de serviços específicos, modificando, assim, sua dimensão e o número das atividades desenvolvidas. Nessa lógica, opta-se por administrar contratos com as empresas terceiras, visando, ao fim e ao cabo, a obter redução de custos fixos e racionalização das atividades gerenciais, especialmente na área de gestão de pessoal (CAMARGOS, 2012, p. 371).

No Brasil, deu-se início a terceirização por meio da instalação das empresas multinacionais, principalmente no setor automobilístico. Para a empresa contratante, a vantagem de contratar uma terceirizada se concentra no fato de poder focalizar e concentrar sua produção nos investimentos e no desenvolvimento tecnológico do que representa sua atividade-fim. Para os trabalhadores e a economia, a terceirização reflete no aumento do número de empregos em pequenas empresas, reduzindo os custos com a administração de pessoal e desmobilizando-os em relação às greves.

Martins (2010) afirma que há os que defendem a terceirização à medida que empresas especializadas e encarregadas em prestar serviços, consequentemente, os farão com maior qualidade. Outrossim, tenderá a aumentar a competição entre as empresas, pois "incrementa a produtividade e a qualidade na produção, originando competitividade no mercado, o que pode baratear o preço dos produtos" (MARTINS, 2010, p. 23).

Carelli (2003), afirma que a terceirização expressa a intenção real do empresariado em repassar a terceiros a posição de empregador, ou seja, a responsabilidade sobre encargos e direitos trabalhistas dos empregados. Nessa relação de trabalho gera-se uma insegurança jurídica, provocando efeitos que repercutem em toda a sociedade. Essa contratação através da terceirização impacta na atuação do Judiciário que é levado a

discutir sua licitude, julgando os direitos dos trabalhadores contratados sob esse regime.

Compreende-se, a partir do exposto anteriormente, que o mundo do trabalho se transforma para atender às exigências impostas pelo sistema capitalista, trazendo novos modelos para aplicar no cenário do trabalho. Assim, o trabalho é reconfigurado e intensificado devido às novas exigências que embasam a flexibilização das relações no mundo do trabalho. Com a contratação de mão de obra, objetivando a redução de custos, ocorrendo então a precarização do trabalho, a qual se justifica na desculpa de que é possível crescer economicamente sem necessitar ampliar o número de empregados.

Não obstante, essa subcontratação causa uma dependência mútua entre a empresa contratante (principal) e a empresa contratada (secundária), que é responsável por fornecer, dentre outros, insumos, embalagens e força de trabalho. Nessa relação de subordinação, as empresas contratadas se veem obrigadas a entregar os produtos em curto tempo, aumentando a carga de trabalho de seus trabalhadores à medida que são forçados a reduzir os custos, causando a intensificação do trabalho. Além de toda essa problemática analisada anteriormente, a terceirização promove a segregação entre os trabalhadores, tendo em vista que os divide e dificulta a construção conjunta de ações.

Assim, a terceirização consegue garantir os níveis de produtividade e lucratividade da produção toyotista por meio da otimização das escalas produtivas; da redução dos custos administrativos e com a força de trabalho; abrindo espaço para as empresas se concentrarem em atividades consideradas estratégicas, na medida em que se alcança a possibilidade de controlar a gestão da produção e a força de trabalho, reduzindo os potenciais de luta do trabalho assalariado em virtude da menor concentração dos trabalhadores. Compreende-se, baseado nas discussões elencadas, que a precarização do trabalho significa o desmonte dos direitos trabalhistas, desqualificando as relações de trabalho, com o objetivo de atender às demandas do mercado. Visando esse atendimento, são criados novos postos de trabalhos terceirizados.

Compreende-se que a precarização, embora ocasional, não deixa de está representada na relação que acontece entre o trabalhador terceirizado e o seu trabalho, pois este recebe baixos salários, não possui estabilidade e nem tampouco segurança no seu emprego, fragmentando-se e precarizando o seu trabalho para atender às novas formas de contratação advindas do modelo de acumulação flexível. Como percebemos, a precarização nas relações de emprego decorre de sua flexibilização e do contrato provisório, que não garante um piso salarial, nem tampouco a inclusão do trabalhador em um plano de cargos e salários, resultando na perda das garantias de trabalho.

A característica do atual modelo de produção se reflete no fato do trabalhador conviver com um crescente nível de desemprego e supressão dos direitos sociais. Há uma tendência de redução de trabalhadores efetivos e o aumento de trabalhadores temporários, com tempo determinado de trabalho, podendo ser demitido com mais facilidade sem maiores custos para o empregador (HARVEY, 2011).

Entende-se que a precarização do trabalho possui duas dimensões essenciais que se complementam: a precarização salarial que se refere à precarização das condições salariais (contrato, remuneração e jornada de trabalho) e a precarização das condições de trabalho, responsável pelas mudanças na organização da produção com a implantação do arcabouço tecnológico informacional e o novo método de gestão de matriz flexível que contribui para a intensificação das rotinas de trabalho.

3.2 Engenharia de Produção Geradora de Lucro

De acordo com Ohno (1997), o Japão foi influenciado pela cultura e política dos Estados Unidos após a Segunda Guerra Mundial, pois a América liderava a indústria no mundo. Sendo assim, para o Japão alcançar o patamar da indústria americana seria necessário adquirir tecnologia avançada. Nesse sentido, empresas japonesas "importaram e adotaram a tecnologia de produção e de manufatura de alto nível americana. Nas universidades e nas empresas uma grande quantidade técnicas gerenciais americanas também foram estudadas e discutidas" (OHNO, 1997, p. 86).

Por esse ângulo, a engenharia de produção se relaciona ao gerenciamento. No caso do Sistema Toyota de Produção - STP, a engenharia de produção era nominada de engenharia de método – EM e não de produção. Discutindo sobre o conceito de engenharia de produção, Ohno (1997), assevera que se institui como uma tecnologia total de manufatura que engloba toda a empresa.

Nesse sentido, a engenharia de produção no estilo Toyota se conceitua como mokeru ou engenharia de produção geradora de lucros, conhecida como EIM (Engenharia Industrial Mokeru). A não ser que a engenharia de produção resulte em redução de custos e aumento de lucros, eu acho que ela não tem sentido algum. Há várias definições de engenharia de produção (OHNO, 1997, p. 86).

Baseado no exposto anteriormente, Ohno (1997, p. 86.) definiu o STP analisando-o com a Engenharia de Produção, ou seja, "para mim a Engenharia de Produção é um sistema e o STP é uma Engenharia de Produção ao estilo da Toyota". [...] o STP é gerador de lucro".

Nesse aspecto, por meio do STP se subordina a técnica à economia, pois esse sistema foi criado a partir de uma visão econômica da empresa. Sendo assim, a empresa deverá mover esforços para elevar a capacidade econômica, removendo as restrições que impedem que o lucro seja gerado. A engenharia de produção possui dois sentidos, de melhorar os métodos de trabalho na fábrica e associar tempo e ação (OHNO, 1997).

Para Antunes, (*apud* PACHECO, 2010), a construção do STP se constitui a partir de três fases inter-relacionadas: "i) Base Conceitual da Construção do Sistema Toyota de Produção; ii) O Sistema Toyota de Produção em si, constituído de diversos Subsistemas e iii) As Técnicas de Operacionalização do Sistema Toyota de Produção" (ANTUNES *apud* PACHECO, 2010, p. 3).

Como base de sustentação do STP se apresenta os seguintes subsistemas e as

técnicas de operacionalização:

- Subsistema de Quebra-Zero: evidencia a importância da utilização da Manutenção Produtiva Total (1988) no corpo do Sistema Toyota de Produção;
- Subsistema Defeito-Zero: está subordinado ao conceito de autonomação e diferencia as estratégias de inspeção das técnicas de inspeção;
- Subsistema Operação Padrão: conforme Ohno (1997) “a folha de trabalho padrão combina efetivamente materiais, trabalhadores e máquinas para produzir eficientemente”;
- Subsistema Troca Rápida de Ferramenta: Shingo inventou o chamado sistema SMED (Single Minute Exchange of Die and Tools) o que significa na origem do conceito, que o tempo de preparação de máquinas deve ser completado em no máximo nove minutos e 59 segundos Shingo(1985);
- Subsistema Leiaute celular e produção em fluxo unitário: “a abordagem básica de um problema de leiaute consiste em reduzir o transporte a zero” Shingo (1996b);
- Subsistema Sincronização e Melhoria Contínua: operacionalizado pelo kanban sob a ótica da produção puxada; Antunes e Klippel (2002), estabelecem uma importante matriz de inter-relacionamento entre as 7 Perdas e as técnicas de operacionalização do STP (ANTUNES; KLIPPEL *apud* PACHECO, 2010, p. 4).

Pacheco (2010), assevera que o STP mostre sucesso em relação à produtividade, qualidade e desenvolvimento de produtos, sendo fundamental os 5 princípios do Lean descritos a seguir: Womack e Jones *apud* Pacheco (1996) são:

1.Precisamente especificar o valor por produtoespecífico;

2.Identificar o fluxo de valor para cadaproduto;

3.Faça o valor fluir seminterrupções;

4.Puxar;

5.Buscar aperfeição. (WOMACK e JONES *apud*PACHECO, 2010, p. 5).

De acordo com Pacheco (2010), existem cinco elementos necessários para sustentar o modelo do lean manufaturing, os quais são descritos no quadro 1:

Fluxo de Manufatura	Logística	Controle do Processo	Métricas	Organização
Avaliação de produto e quantidade Mapeamento dos Processos Análises de rotina (processos, volumes, tarefas) Calculo de Takt time Balanceamento da carga de trabalho Dimensionamento do Kanban Leiaute celular Trabalho padrão Fluxo unitário de peças	Previsão de demanda Mix de produção Nível de atendimento Manuseio flexível Kanban Classificação ABC para manuseio Alinhamento cliente/ fornecedor Regras operacionais	Manutanção Produtiva Total Poka-yoke Troca Rápida de Ferramentas Instruções de Trabalho Melhoria contínua Paradas de produção 5 S's	Entregas no tempo certo Lead time do processo Custo total Qualidade yield Giro de inventário Utilização da área física/espaço Distâncias percorridas Produtividade	Produto focado, multifuncionalidade Desenvolvimento de gerentes Lean Matriz de habilidades do funcionários Formação (sensibilização Lean,métricas, melhoria contínua) Plano de comunicação Regras e responsabilidades claras

Quadro 1 – Cinco elementos do sistema *Lean.*

Fonte: Feld (2001).

O papel da força de trabalho no sistema capitalista é concebido enquanto um meio de produzir riquezas, por meio da exploração do trabalhador, o qual obedece ao ritmo de produção capitalista. Nesse trabalho, o valor se determina pelo tempo de trabalho socialmente necessário para que seja possível produzir a mercadoria. A esse respeito, uma grande quantidade de trabalhadores passa a produzir para fortalecer o capitalismo. Nessa produção, trabalha-se além do necessário para reproduzir a força de trabalho, gerando a mais valia.

Marx (2011, p. 231) analisa que "a mais valia se origina de um excedente quantitativo de trabalho da duração prolongada do mesmo no processo de trabalho", obtendo-se, por meio desse trabalho excedente, elevada margem de lucro para o capitalista. Transformar a força de trabalho em mercadoria é uma especificidade do modo de produção capitalista. Marx (2011) afirma que:

o valor dessa mercadoria é determinado pelo tempo necessário de produção dos meios de subsistência do trabalhador e da sua família. Porém o trabalhador produz além do que é necessário para reproduzir sua força de trabalho, ou seja, ele produz mais-valia. Essa mais-valia é apropriada pelo capitalista, constituindo a sua fonte e riqueza. Ao comprar a força de trabalho, o capitalista está adquirindo o elemento criador de valor, que lhe permite ampliar seu capital (MARX, 2011, p. 231).

Nesse contexto, quando ocorrem mudanças nos modos de produção, as exigências do capitalismo modificam os sentidos e a organização do trabalho. Após o final da II Guerra Mundial, a qualidade tinha conquistado seu lugar no ambiente das organizações, criando-se técnicas específicas que resultaram na inclusão de profissionais qualificados e especialistas no processo de qualidade. Deming (1900-1993), estatístico especialista em qualidade contribuiu para o processo da qualidade no Japão, introduzindo o conceito de que "a redução dos níveis de variação da qualidade pode ocorrer se estes forem geridos por meio de controle estatístico" (MARSHALL, *et al.,* 2012, p.12). Assim, este fato afirma o que

foi verbalizado anteriormente neste trabalho em tela, ou seja, com a evolução econômica e a passagem de várias décadas, se evoluem as técnicas que orientam os processos de qualidade.

Na década de 1950, a concepção do *Total Quality Control* – TQC ampliou a concepção de qualidade, a qual passou a abordar a fase de desenvolvimento do projeto do produto, incluindo a sua funcionalidade e atributos do desempenho. Outrossim, passou a envolver, no processo de melhoria da qualidade, todos os funcionários em todos os níveis hierárquicos, como também os fornecedores e clientes (MARSHALL, *et al.,* 2012).

Fundamentando-se nesta concepção de Qualidade Total, todos os departamentos passaram a se responsabilizar pelo sucesso do empreendimento, enquanto a alta administração assumia a liderança, orquestrando a integração entre as diversas áreas, gerando sinergia entre as competências funcionais e ampliando o conceito de qualidade.

Os princípios da qualidade são preconizados pela norma de Sistemas de Gestão da Qualidade (ISO 9001). Esta é uma norma criada pela *International Organization for Standardization* (ISO), organismo internacional que tem o objetivo de desenvolver e difundir normas para serem usadas em todo o mundo. No caso do Brasil, a entidade normativa que representa a ISO é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). As normas que se relacionam à série ISO 9000 têm por objetivo auxiliar as organizações no planejamento e gerenciamento da qualidade de seus produtos e serviços, buscando que as organizações se tornem competitivas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000). Dentre os princípios do Sistema de Gestão da Qualidade destacam-se: o foco no cliente; a liderança; o envolvimento das pessoas; a abordagem de processo; abordagem sistêmica para gestão; melhoria contínua; a abordagem factual e os benefícios mútuos na relação com os fornecedores.

4 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mundo do trabalho se transforma cotidianamente devido às transformações políticas e econômicas e ao avanço da tecnologia, o que faz gerar mudanças em sua conjuntura e estrutura. A partir da criação do toyotismo, novo sistema produtivo, se necessita de um trabalhador qualificado com criatividade para poder participar do processo da produção. O sistema “Just in Time”, produzir somente o que se precisa no tempo necessário e na quantidade necessária caracteriza o toyotismo.

Contraditoriamente ao regime de produção em massa taylorista/fordista, criam-se formas de produção flexíveis na qual o toyotismo se destaca como exemplo. Para o Sistema Toyota de Produção o que interessa é o lucro, em que a técnica é subordinada ao poder econômico.

Nesse sentido, toda a empresa com STP deverá estar sempre buscando mover esforços para que sua capacidade econômica se eleve em relação às outras empresas que

não trabalham com esse sistema. No cerne do STP todas as restrições ou barreiras que impedem a empresa de lucrar devem ser demovidas.

É nesse sistema que entra a engenharia de produção com o fim de melhorar os métodos de trabalho e, também associar tempo e ação para que ambos rendam lucros econômicos. Se conclui que o STP se alia ao capitalismo no momento em que pesam o econômico e as técnicas de trabalho que tendem a aumentar o valor de cada produto.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, R. **O toyotismo, as novas formas de acumulação de capital e as formas contemporâneas do estranhamento (alienação).** São Paulo: Cortez, 2002.

ANTUNES, R. **Os sentidos do trabalho:** ensaio sobre a afirmação e a negação do trabalho. 2 ed. São Paulo: Boitempo, 2009.

ALVES, G.A.P. **Trabalho e Subjetividade***:* o metabolismo social da reestruturação produtiva do capital. Marília: UNESP, 2011.

ALBORNOZ, S. **O que é trabalho.** São Paulo: Brasiliense, 2004.

BARROS, Aidil Jesus Paes de e SOUZA, Neide Aparecida de. **Fundamentos de Metodologia**. São Paulo: McGraw-Hill, 1986.

CAMARGOS, M. L. Trabalho Enquanto Categoria Fundante na Existência Humana e Atual Fase da Reestruturação Produtiva do Capital. In: **I Seminário de Crítica da Economia Política**: questões contemporâneas, 2012. Teófilo Otoni. Anais do I Seminário de Crítica da Economia Política: questões contemporâneas. Disponível em: Acesso em 12 de maio de 2019.

CARELLI, R. de L. **Terceirização e intermediação de mão-de-obra**: ruptura do sistema trabalhista, precarização do trabalho e exclusão social. Rio de Janeiro: Renovar, 2003.

CASTRO, Maria do Perpetuo Socorro Wanderley de. **Terceirização:** uma expressão do direito flexível do trabalho na sociedade contemporânea. 2012. 175 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Jurídicas) – Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2012.

FELD, W. M. ***Lean Manufacturing***: Tools, Techniques, and How to Use Them. Boca Raton, FL: St. Lucie Press, 2001.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (organizadoras). **Métodos de Pesquisa.** 1ª Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (organizadoras). **Métodos de Pesquisa.** 1ª Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GRANEMANN, S. O Processo de produção e reprodução social: trabalho e sociabilidade. In: CFESS; **Serviço Social:** Direitos Sociais e Competências Profissionais. Brasília: CFESS, 2009.

HARVEY, D. **Condição Pós-Moderna**: uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural. Tradução de Adail Ubirajara Sobral e Mª Stela Gonçalves. 21 ed. São Paulo, SP: Edições Loyola, 2011.

KUDE, Vera Maria Moreira. **COMO SE FAZ UM PROJETO DE PESQUISA QUALITATIVA EM PSICOLOGIA.** Artigo publicado na Revista Psico, Faculdade de Psicologia, PUCRS, v.28, n.1, p.9-34, jan./jun..1997.

KRAWULSKI, E. **Evolução do conceito de trabalho através da história e sua percepção pelo trabalhador hoje.** Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-graduação em Administração. Florianópolis, UFSC, 1991.

LAKATOS, Eva Maria e MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 3ª. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

MARTINS, S. P. **Direito do Trabalho**. São Paulo: Atlas, 2010.

MACHADO, L. R. de S. Ensino médio e técnico com currículos integrados: propostas de ação didática para uma relação não fantasiosa. In: MOLL, J. e Colaboradores. (Org.) **Educação profissional e tecnológica no Brasil contemporâneo;** Desafios, tensões e possibilidades. 1ª e. Porto Alegre, RS: Artemed, 1982.

MARSHALL, I. J. *et. al.* **Gestão da qualidade e processos.** Rio de Janeiro: FGV, 2012.

MARX, Karl. **O capital, Volume I** – Trad. J. Teixeira Martins e Vital Moreira, Centelha - Coimbra, 2011.

MELHADO, Reginaldo. Poder e sujeição. São Paulo: LTr. 2003, p. 144 -145.

VIDAL NETO, Pedro. A Terceirização Perante o Direito do Trabalho. In: MALLET, Estevão; ROBORTELLA, Luiz Carlos Amorim (coord.) Direito e Processo do Trabalho. São Paulo: LTr, 1996, p. 91.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bokmann, 1997.

PACHECO, Diego Augusto de Jesus. **A proposição de estratégias para elevar a capacidade das restrições em sistemas produtivos**: a aplicação integrada da teoria das restrições e do lean manufacturing. São Carlos: São Paulo, 2010.

RUMMERT, S. M, **Políticas Públicas para a educação de jovens e adultos no Brasil:** a permanente (re) construção da subalternidade – considerações sobre o programa Brasil Alfabetizado e Fazendo Escola. Educar, n. 29, p. 29-45, 2007.

SAVIANI, D. **Escola e democracia.** 41ed. São Paulo: Revista Autores Associados, 2007.

CAPÍTULO 13

ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO MÉTODO MASP NAS TRATATIVAS DE NÃO CONFORMIDADES EM UMA TRANSPORTADORA: UM ESTUDO DE CASO

Data de aceite: 01/07/2021
Data de submissão: 04/06/2021

Katieli Schneider
Universidade Luterana do Brasil
ULBRA Carazinho – Rio Grande do Sul
https://orcid.org/0000-0002-6765-4717

Berenice de Oliveira Bona
Universidade Luterana do Brasil - ULBRA
Carazinho – Rio Grande do Sul
http://lattes.cnpq.br/4822876063190017

Anderson Luiz Dornelles
Universidade Luterana do Brasil - ULBRA
Carazinho – Rio Grande do Sul

RESUMO: A grande competitividade entre as empresas diante do atual cenário econômico, torna a busca pela excelência operacional, um fator primordial. Redução do prazo de entrega, zelo pela qualidade dos serviços prestados além da eficiência e eficácia dos processos internos é, nada mais nada menos que, uma condição de sobrevivência no mercado. Para atingir tais objetivos, se torna indispensável o uso de métodos e ferramentas de qualidade que possam gerar resultados positivos e, o mais importante, mantê-los a longo prazo. Esta pesquisa, por sua vez, buscou verificar a eficácia do Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) na tratativa de um processo não conforme, no setor operacional de uma transportadora. O uso do método permitiu identificar problemas que não eram perceptíveis pelos tomadores de decisão, os quais provocaram grande impacto ao final do estudo. O processo de cubagem de mercadorias, além de outras melhorias geradas, passou a contar com um indicador de cubagem, o qual mede o percentual de conhecimentos que foram cubados corretamente. Este indicador mostrou que houve um crescimento de 13% no índice de cubagem corretas da amostra.

PALAVRAS - CHAVE: Qualidade. MASP. Resultado. Eficácia**.**

ANALYSIS OF THE APPLICATION OF METHOD MASP IN TREATMENTS OF UNCONFORMITIES IN A CARRIER: A CASE STUDY

ABSTRACT: The great competitiveness between companies in the current economic scenario makes the search for operational excellence a key factor. Reduction in delivery time, care for the quality of services provided, in addition to the efficiency and effectiveness of internal processes, is nothing less than a condition for survival in the market.To achieve these goals, it is essential to use quality methods and tools that can generate positive results and, most importantly, maintain them in the long term. This research, in turn, sought to verify the effectiveness of Analysis and Problem Solver Method (MASP) in dealing with a non-conforming process, in the operational sector of a carrier. The use of the method allowed the identification of problems that were not noticeable by decision makers, which caused a great impact at the end of the study. The merchandise cubing process, in addition to other improvements generated, now has a cubing indicator, which

measures the percentage of knowledge that was correctly cubed. This indicator showed that there was a growth of 13% in the correct cubage index of the sample.
KEYWORDS: Quality. MASP. Result. Efficiency.

1 I INTRODUÇÃO

Nunca houve tantas transformações nas cadeias de suprimentos e setor logístico. As rupturas de estoque, quebras de fornecedores, falhas operacionais, verticalizações, fusões e aquisições, mudam de forma significativa o perfil de risco junto aos fornecedores. Por outro lado, a competitividade do mercado, novos modelos de negócio, novos canais de venda e distribuição, serviços personalizados, tornam mais difícil manter níveis de atendimento diante da concorrência.

Atualmente, é extremamente importante e oportuno questionar e acelerar os processos e metodologias de planejamento, para que a tomada de decisão no nível operacional atinja a excelência. No meio operacional, não há mais espaço para decisões lentas e imprecisas. Quanto menor for o desperdício e maior for a produtividade, maior será a lucratividade. Nesse sentido, para identificar falhas e aumentar a produtividade, o uso de métodos e técnicas de qualidade são fundamentais para organizações que querem se manter competitivas frente ao mercado.

A empresa alvo deste estudo, durante uma reunião de análise, percebeu que havia oportunidades a serem exploradas no âmbito operacional, no que se refere ao processo de cubagem de mercadorias. A cubagem de mercadorias é o ajuste do cálculo para que o frete seja cobrado com o valor correspondente ao espaço que as mercadorias ocupam nos veículos, por exemplo, fardos de travesseiros. Estes, não podem ser sobrepostos, têm peso baixo e, em contrapartida, ocupam bastante espaço nos baús.

O presente estudo, busca verificar a eficácia do Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) quando aplicado na tratativa de processos não conformes. Para que os resultados fossem conclusivos, analisaram-se especificamente o processo de cubagem de mercadorias em uma transportadora.

2 I REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Qualidade

Na literatura, há várias definições a respeito do que é qualidade. Para o autor Philip Crosby (1979), quando a qualidade se refere à conformidade dos processos, ela diz respeito diretamente ao cumprimento das diretrizes impostas pela organização, isso deve fazer parte da sua estratégia.

Para Campos (1992) o processo é um aglomerado de motivos que geram efeitos, sendo que uma organização é um processo e dentro desta existem outros processos. De

acordo com o autor, o processo é gerenciado por indicadores que medem a qualidade, custo, entregas, prazo e segurança de seus efeitos. Ele acredita que a análise de um processo deve obedecer a uma sistemática, baseada em fatos e dados qualitativos e quantitativos, buscando identificar a causa do problema.

De acordo com o pensamento de Crosby (1979), os defeitos devem ser evitados ou minimizados e não contabilizados. Muito mais que algo benéfico, a qualidade deve buscar zero defeitos,

> Philip Crosby, que efetivamente desenvolveu sua estruturação e suas primeiras implementações, trabalhava, na época, na Martin Corporation. Na realidade, o princípio do zero defeito é "fazer certo da primeira vez", e seus pilares são a filosofia de trabalho e seus processos, a motivação e a conscientização (MARSHALL et al., 2012, p. 30).

Ele entendia que qualidade é executar corretamente os processos fazendo isso da primeira vez. Nesse sentido, não haveria retrabalhos, consequentemente não haveria desperdício de recursos ou prejuízos.

2.2 NBR ISO 9001:2015

A NBR ISO 9001 se refere aos requisitos do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) e aborda a eficácia dos processos. Tais requisitos, tratam sobre a abordagem de valor agregado por parte da organização, e muito além de um padrão de qualidade, busca a perfeição dos processos e serviços e a satisfação total dos clientes.

No item 10.2 da Norma, diz que não conformidade é o não atendimento de um requisito pré-estabelecido. Diferente de defeitos, a não conformidade não se refere à improdutividade dos processos. Embora um processo esteja alinhado e funcionando de maneira correta, se ele não atende a algum requisito, seu padrão de qualidade está baixo. Quanto as tratativas estas, necessariamente, devem ser ações que corrijam o problema eliminando definitivamente a causa-raiz.

2.3 Ciclo PDCA

"O ciclo PDCA é um método gerencial de tomada de decisão, para garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência de uma organização (WERKEMA, 1995)". Ele busca manter o controle de saída de um processo para a entrada em outro, possibilitando às organizações manter o controle total sobre o andamento e assertividade dos processos. Com quatro etapas, o ciclo PDCA é realizado na seguinte sequência:

Planejar – É a etapa onde identifica-se, descreve, analisa os problemas e estabelece os planos de ação.

Executar – Etapa de implementação dos planos estabelecidos.

Verificar – Nesta etapa realiza-se o monitoramento dos indicadores a fim de verificar a eficácia das ações e o atingimento das metas.

Agir – Na última etapa - do ciclo atual - realiza-se correções sobre as ações que não tiveram o efeito esperado bem como a padronização e treinamento dos envolvidos quanto

às ações que obtiveram sucesso.

2.4 MASP

Vicente Falconi Campos em 1992, publicou em seu livro uma derivação das etapas de análise e solução de problemas, com oito sub etapas possibilitando o uso de ferramentas de gestão voltadas para a qualidade, as quais podem contribuir no desdobramento do método (ORIBE, 2012). Pode-se dizer que, o MASP então, é uma versão desdobrada do ciclo PDCA e,

> [...] é importante salientar que, na base dessas oito etapas, está a concepção de que o MASP, possibilita à organização criar um terreno fértil para a mudança, mediante um estilo específico de aprendizagem. Esse estilo de correção ocorre quando a organização, ao constatar problemas em suas operações, parte do conhecimento gerado internamente, usando-o de maneira incremental para fazer ajustes nos produtos e sistemas existentes (LEONARD BARTON, 1998).

2.4.1 Identificação do Problema

Segundo Campos (1992), problema é o resultado indesejável de um trabalho ou processo. Para que a identificação do problema seja clara e mensurável, de acordo com o autor, a equipe deve basear-se em fatos e dados, obtidos através de um histórico. Caso o problema não seja identificado corretamente, o esforço empregado será em vão, gerando perda de tempo, dinheiro e acarretará a desmotivação da equipe.

2.4.2 Observação

Através da análise de dados qualitativos e quantitativos são investigadas as causas do problema. Segundo Campos (1992), o problema deve ser observado sob vários pontos de vista como o turno em que ocorrem, com qual frequência, em que local, quem são os responsáveis pelo processo e qual a natureza do produto ou processo. Há também a necessidade de investigar aspectos específicos como condições climáticas, calibração dos equipamentos de medição, confiabilidade dos padrões estabelecidos, ou seja, se a prática condiz com o padrão e/ou se o padrão está correto, treinamentos etc.

2.4.3 Análise do Problema

O objetivo principal desta etapa é identificar quais são as causas que mais impactam o problema principal (WERKEMA, 1995). É importante que se siga duas premissas fundamentais: O princípio da não crítica e que, neste momento, quantidade é melhor que qualidade. As causas levantadas, devem ser estratificadas de acordo com os fatos obtidos na etapa de observação, descartando então as menos prováveis.

2.4.4 Plano de Ação e Ação

Após o levantamento das causas-raiz, um plano de ação deve ser criado para conter as causas-raiz levantadas da etapa de análise. É de suma importância que toda a equipe participe desta discussão.

Campos (2014) afirma que, todas as ações devem ser estabelecidas sobre as causas-raiz e não sobre seus efeitos, visto que o plano de ação consiste em estabelecer contramedidas para as causas principais. Cada integrante da equipe precisa estar treinado, ciente e de acordo quanto às atividades, prazos e objetivos das ações, bem como estar comprometido com a sua conclusão.

2.4.5 Verificação

A comparação dos resultados e eficácia das ações são verificados nesta etapa. Devem-se utilizar os dados coletados antes e após as ações imediatas para verificar quantitativamente a redução dos problemas levantados. Para que os dados sejam fidedignos, é imprescindível que sejam utilizadas as mesmas ferramentas de medição utilizadas antes da ação.

Se a solução foi efetiva, é importante verificar se todas as ações tomadas foram as que de fato compuseram o plano de ação. E, caso não tenham sido efetivas, houve alguma falha no processo de observação.

2.4.6 Padronização e Conclusão

Se o método chegou nesta etapa, significa que a causa-raiz realmente foi identificada, as ações foram eficazes e os resultados foram satisfatórios. Desta forma, os procedimentos propostos estão efetivamente aptos a se tornarem padrão dentro da organização bem como as pessoas envolvidas no processo podem ser treinadas seguindo tais definições. Para garantir que o processo seja cumprido e que os resultados continuem sendo mantidos, podem ser realizadas verificações periódicas através de auditorias nos processos.

A conclusão é, nada mais que, uma síntese do aprendizado obtido. É também uma oportunidade de levantar problemas que serão tratados posteriormente.

3 I METODOLOGIA

3.1 Procedimentos técnicos

A pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso, composto pela pesquisa bibliográfica a qual fornece a fundamentação teórica para ela, análise documental pois foi realizado com dados reais da empresa estudada e estudo de caso pois avalia minuciosamente o problema abordado, identificando suas causas e propondo melhorias.

3.2 Definições da pesquisa quanto aos objetivos

Esta pesquisa, possui caráter exploratório investigativo, o qual consiste em identificar e solucionar as divergências durante o processo de cubagem de mercadorias em uma transportadora, utilizando o método de análise e solução de problemas.

3.3 Definições da pesquisa quanto a natureza

A coleta de dados foi obtida através de relatórios do setor comercial da empresa onde constam informações a respeito de cobranças complementares dos conhecimentos emitidos em função de divergências no processo de cubagem, entrevistas com o conferente responsável pela execução do processo de cubagem e análises documentais dos procedimentos executados.

3.4 Definições da pesquisa quanto a abordagem

Este estudo é qualitativo, pois busca identificar de maneira detalhada as causas dos problemas de qualidade durante o processo de cubagem, através da coleta e análise de dados oriundos da etapa exploratória da pesquisa, melhorando a compreensão do assunto. O mesmo também pode ser considerado quantitativo, pois aborda custos e percentuais, representando matematicamente o problema estudado e, através dos resultados obtidos, fornece subsídios para a tomada de decisão. O estudo delimitou-se em focar na aplicação do método de análise e solução de problemas e seus resultados, não se detendo a períodos anteriores ao ano de 2020.

4 I ESTUDO DE CASO

4.1 Unidade de Estudo

Visando preservar as informações da empresa, este estudo limitou-se em não revelar seu nome e considerou uma proporcionalidade matemática com os dados reais coletados. A empresa estudada é do ramo de transportes e logística, a qual possui diversas unidades pelo Brasil. Este estudo foi realizado na unidade matriz, no setor operacional.

4.2 O processo de Cubagem

Certos perfis de mercadorias possuem baixa densidade. Essas mercadorias, normalmente possuem, um grande volume e baixo peso como, por exemplo, fardos de espuma. Para que seu peso real seja devidamente ajustado ao espaço que ela ocupa nos veículos, deve-se medir o seu volume, ou seja, altura x largura x comprimento das embalagens. Já as mercadorias cujo perfil não permite empilhamento, devem ser cubadas até o teto do veículo. No transporte rodoviário, o fator de cubagem padrão corresponde a 300m³.

A cubagem das mercadorias na empresa estudada, é realizada pelo motorista e/ou

ajudante ainda no cliente durante a coleta, ou então, pelo conferente durante o recebimento das mercadorias no terminal de cargas. O processo é realizado antes de encaminhar a documentação à expedição, pois as medidas aferidas são informadas nos campos de uma papeleta ou carimbo, onde posteriormente é realizado o cálculo de cubagem pelo setor de emissão. Para efeito de cálculo do frete, em casos em que o resultado da cubagem é superior ao peso real, é considerado então, o peso cubado.

4.3 Identificação do Problema e Observação

Sempre que ocorre alguma divergência na cobrança de valores dos fretes, é emitido um CT-e complementar para corrigir o valor. O CT-e, por sua vez, nada mais é que o Conhecimento de Transporte Eletrônico, um documento de origem fiscal que cobre a carga desde sua embarcadora até o destino. Nele constam várias informações, incluindo o valor cobrado pelo transporte. Após análise de uma amostra das cobranças complementares do ano de 2020, o setor comercial verificou que 69,41% das cobranças eram devidas as cubagens incorretas dos volumes expedidos.

O controle das cobranças complementares é realizado através de uma planilha, a qual é alimentada com informações oriundas da fiscalização de cubagem, dados dos conhecimentos emitidos bem como valores corrigidos pelo setor comercial, como mostra o exemplo da Tabela 1 - Amostragem de dados.

Data	Cte	NF-e	Origem	Cliente	Peso do Cte	Peso Cubado	Divergência Peso	Valor CTE Original	Valor CTE C/ Cubagem	Diferença para emissão do complementar	Valor calculado pela cubagem de m³
					500	688,27	188,27	R$ 304,55	R$ 379,82	R$ 75,27	2,29423333333333
					154	228,51	74,51	R$ 86,98	R$ 102,59	R$ 15,61	0,7617
					847,5	1353,6	506,1	R$ 488,39	R$ 681,02	R$ 192,63	4,512
					390	673,92	283,92	R$ 238,30	R$ 376,49	R$ 138,19	2,2464
					118,1	239,47	121,37	R$ 63,88	R$ 96,03	R$ 32,15	0,7982
					498	713,51	215,51	R$ 259,80	R$ 351,23	R$ 91,43	2,3783
					584,7	938,95	354,25	R$ 315,90	R$ 427,93	R$ 112,03	3,12983333333333
					14	42,05	28,05	R$ 44,10	R$ 62,49	R$ 18,39	0,140166666666667
					441	567	126	R$ 212,18	R$ 242,32	R$ 30,14	1,89
					350	445,08	95,08	R$ 293,75	R$ 308,32	R$ 14,57	1,4836
					171,6	730,52	558,92	R$ 240,90	R$ 407,23	R$ 166,33	2,43506666666667
					623,7	683,99	60,29	R$ 382,30	R$ 403,94	R$ 21,64	2,27996666666667
					900	1505,58	605,58	R$ 431,00	R$ 697,84	R$ 266,84	5,0186
					52,2	156,61	104,41	R$ 88,06	R$ 158,43	R$ 70,37	0,522033333333333
					63	138,89	75,89	R$ 77,31	R$ 113,00	R$ 35,69	0,462966666666667
					971,5	1296	324,5	R$ 364,88	R$ 405,38	R$ 40,50	4,32
					1759	2486,48	727,48	R$ 660,59	R$ 777,41	R$ 116,82	8,28826666666667
					215	270,5	55,5	R$ 159,38	R$ 182,09	R$ 22,71	0,901666666666667
					1720	2467,67	747,67	R$ 497,01	R$ 591,77	R$ 94,76	8,22556666666667

Tabela 1 - Amostragem de Dados.

Fonte: O autor.

4.4 Análise do problema

Para que as possíveis causas do problema pudessem ser identificadas, optou-se por realizar a técnica do *Brainstorming* com uma equipe multidisciplinar a qual contou com o setor comercial, a área de qualidade, analistas de transporte e equipe operacional. As ideias oriundas da aplicação da técnica, estão listadas abaixo:

- Não há pessoa especializada na unidade para realizar o processo
- Falta de qualificação
- Indisponibilidade de trenas para aferição
- Não há treinamento no processo
- Não há acompanhamento (não há constância de cobrança e acompanhamento da movimentação do processo)
- Ausência de um indicador que verifique a eficácia do processo

Para classificar as causas levantadas de acordo com a sua natureza, optou-se por utilizar o Diagrama de *Ishikawa* como ilustra a Figura 1 - Diagrama de Ishikawa.

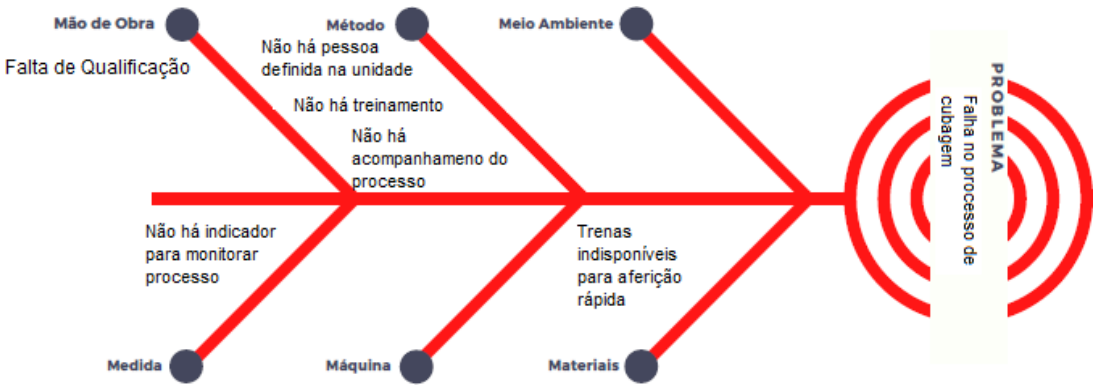


Figura 1 - Diagrama de Ishikawa.

Fonte: O Autor.

De acordo com os dados levantados, o maior problema se encontra no método utilizado pela empresa durante a execução do processo. O próximo passo foi realizar um mapeamento de probabilidade, a fim de verificar o que de fato é possível que esteja causando o problema e eliminar as causas menos prováveis. Para isso, a equipe utilizou a ferramenta Matriz de Priorização. Ao observá-la, concluiu-se que a constância a respeito da cobrança se dá justamente pelo fato de não existir um indicador para acompanhar o processo. Ainda a respeito da matriz pode se observar que, o fato de não haver um treinamento a respeito do processo, bem como a falta de uma pessoa especializada/responsável pelo processo

nas unidades também é um fator determinante para a causa do problema.

O Diagrama de *Ishikawa*, segundo Campos (1992), deve ser complementado com a prática dos Cinco Porquês. Isto porque, normalmente ao analisar um problema, enxergamos o efeito da causa e não sua causa-raiz. Nesse sentido, de acordo com os itens dispostos no quadrante "Muito Provável", desdobrou-se os cinco porquês para os dois principais motivos conforme a Tabela 2 – Cinco Porquês.

Causa Superficial: Ausência de Indicador
Porque não temos um indicador? Porque não conseguimos chegar ao indicador 100% ajustado
Porque não conseguimos chegar ao indicador 100% ajustado? Porque o sistema TMS (SSW) não disponibiliza as informações prontas (eficiência operacional, realização da cubagem)
Porque o sistema TMS (SSW) não disponibiliza as informações prontas (eficiência operacional, realização da ? Porque o Sistema TMS (SSW) prioriza o peso calculado
Porque o Sistema TMS (SSW) prioriza o peso calculado? Porque é o critério do fornecedor focar no ganho monetário

Causa Superficial: Falha no treinamento
Porque temos falha no método do treinamento? Porque identificamos que o resultado da cubagem atualmente é insuficiente
Porque identificamos que o resultado da cubagem atualmente é insuficiente? Porque há evidências de falhas no processo de cubagem em todas as unidades
Porque há evidências de falhas no processo de cubagem em todas as unidades? Porque falta entendimento do que deve ser cubado e como ser cubado
Porque falta entendimento do que deve ser cubado e como ser cubado? Porque os treinamentos não preveem todas as particularidades do processo de cubagem
Porque os treinamentos não preveem todas as particularidades do processo de cubagem? Porque nem todas as particularidades foram mapeadas para a elaboração das diretrizes.

Tabela 2 - Cinco Porquês.

Fonte: O autor.

Ao finalizar a análise dos cinco porquês, a equipe pode observar que o treinamento existe, todavia não está ajustado ao processo. Quanto ao indicador, a análise permitiu entender quais premissas e restrições para a construção do indicador.

4.5 Plano de Ação e Ação

Para que as falhas no processo de cubagem pudessem ser corrigidas, elaborou-se um plano de ação para cada causa-raiz encontrada e não sob seus efeitos. Conforme as tabelas 3 e 4, dispuseram-se todas as ações e tarefas para o atingimento do objetivo. Neste caso, devido a sua subtilidade, o campo "quanto", não foi utilizado, assim como, para preservar os dados da empresa os campos "quem" e "onde", foram ocultados.

Causa: Ausência de um indicador de cubagem			
Data Início	**Data Fim**	**O que**	**Como**
14/12/2020	22/01/2021	Apurar histórico de cubagem global e por unidade dos últimos 6 meses	Via QlikView e SSW
22/01/2021	25/01/2021	Analisar números para crítica e definição da meta	Analisar relatório extraído do QlikView
15/01/2021	25/01/2021	Definir métrica do Indicador	De acordo com dados levantados na análise
25/01/2021	27/01/2021	Aprovação do Indicador	Enviar para alta direção
27/01/2021	27/01/2021	Criar indicador no sistema de gestão informatizado	Preencher ficha de criação de indicadores e enviar para a moderadora do sistema
27/01/2021	27/01/2021	Divulgar indicador para unidades	Via e-mail
27/01/2021	27/06/2021	Acompanhar evolução do indicador para análise de eficácia	Analisar se houve melhora no indicador

Tabela 3 - Plano de Ação 1.

Fonte: O autor.

Para realizar o levantamento dos dados, foram coletados dados do Sistema SSW, na opção 455 - Fretes Expedidos e Recebidos. Com base nesses dados, os responsáveis tiveram informações suficientes para definir as métricas que iriam compor o indicador.

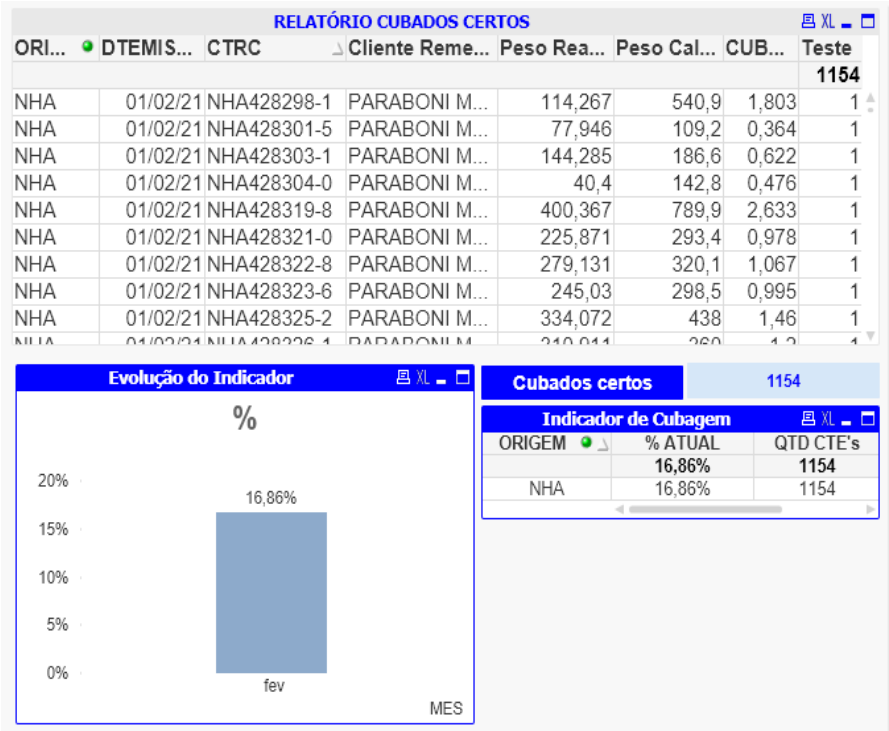
CTRC	CNPJ Remetente	CNPJ Destinatario	UF de Entrega	Numero da Nota Fiscal	Peso Real em Kg	Cubagem em m3	Qtd de Vol	Valor do Frete	Peso Calculado em Kg
			RS		262,5	0,873	2	R$ 182,64	262,5
			PR		475	1,583	10	R$ 285,81	475
			RS		25,77	0,1	6	R$ 58,00	45
			RS		1970,1	6,567	8	R$ 2.059,40	1970,1
			RS		224,5	0,747	1	R$ 173,11	224,5
			RS		710,5	2,367	2	R$ 618,08	710,5
			RS		334	0,1	1	R$ 348,51	334
			RS		484,7	1,613	1	R$ 293,56	484,7
			RS		3287,8	10,957	10	R$ 1.799,74	3287,8
			RS		256,05	0,853	1	R$ 344,52	256,05
			RS		6,6	0,01	1	R$ 55,01	6,6
			RS		25,9	0,083	2	R$ 88,30	25,9
			RS		30	0,1301	3	R$ 67,63	39,03
			RS		15	0,0146	1	R$ 45,88	15
			PR		60,838	0,1	10	R$ 37,50	60,838
			RS		120	1,68	1	R$ 250,00	504
			RS		51,255	0,1	1	R$ 80,61	51,255
			RS		86,26	0,6266	17	R$ 127,76	187,98

Tabela 4 - Relatório SSW.

Fonte: O autor.

O indicador, então, foi configurado dentro da plataforma de análise Qlikview conforme ilustra a Figura 2 - QlikView, para fim de validação e ajustes. Ele é alimentado de forma

automática com os dados extraídos do Sistema SSW.



RELATÓRIO CUBADOS CERTOS

ORI...	DTEMIS...	CTRC	Cliente Reme...	Peso Rea...	Peso Cal...	CUB...	Teste
							1154
NHA	01/02/21	NHA428298-1	PARABONI M...	114,267	540,9	1,803	1
NHA	01/02/21	NHA428301-5	PARABONI M...	77,946	109,2	0,364	1
NHA	01/02/21	NHA428303-1	PARABONI M...	144,285	186,6	0,622	1
NHA	01/02/21	NHA428304-0	PARABONI M...	40,4	142,8	0,476	1
NHA	01/02/21	NHA428319-8	PARABONI M...	400,367	789,9	2,633	1
NHA	01/02/21	NHA428321-0	PARABONI M...	225,871	293,4	0,978	1
NHA	01/02/21	NHA428322-8	PARABONI M...	279,131	320,1	1,067	1
NHA	01/02/21	NHA428323-6	PARABONI M...	245,03	298,5	0,995	1
NHA	01/02/21	NHA428325-2	PARABONI M...	334,072	438	1,46	1

ORIGEM	% ATUAL	QTD CTE's
	16,86%	1154
NHA	16,86%	1154

Figura 2 - QlikView.

Fonte: O autor.

De todos os conhecimentos emitidos no período a ser analisado, o analista deve desconsiderar os clientes liberados de cubagem obrigatória. A partir daí, surgem os conhecimentos passíveis de cubagem. Destes, deve se desconsiderar também, valores iguais ou menores que 0,01 ou ainda os que possuem peso real igual ao peso calculado. O saldo deste cálculo, são as cubagens certas. O indicador de cubagem se dá então pelo quociente da cubagem correta pelos conhecimentos passivos de cubagem.

O saldo desconsiderado anteriormente, de valores iguais ou menores que 0,01 bem como peso real igual o calculado são os passivos de cubagem, ou seja, tudo aquilo que foi calculado de maneira errada ou que deixou de ser cubado. Inicialmente, o trabalho seria focado nos conhecimentos com valores maiores ou iguais a 100 kg para definir o percentual de meta de incremento. O cálculo de percentual de incremento, por sua vez, se dá pelo quociente de 50% dos conhecimentos potenciais pelos passivos de cubagem.

Causa: Falha no Método de Treinamento			
Data Início	**Data Fim**	**O que**	**Como (how)**
14/12/2020	16/12/2020	Levantar todos as particularidades referente ao processo de cubagem	Realizar entrevista com o fiscal de cubagem da Matriz
17/12/2020	18/12/2020	Descrever todas as particularidades das entrevistas	Compilar os dados vindo da entrevista
18/12/2020	25/12/2020	Revisar a IT (instrução de trabalho)	Fazer uma adequação da IT atual com os dados da compilação
25/12/2020	01/01/2021	Desenvolver materiais treinamentos	Montar treinamento e materiais de apoio
25/12/2020	01/01/2021	Elaborar cronograma de treinamentos e reciclagens	Descrever as datas e unidades para receberem os treinamentos
01/01/2021	12/01/2021	Treinar os multiplicadores	Treinar os multiplicadores para que eles estejam preparados para replicar as suas unidades
05/04/2021	10/06/2021	Avaliar eficácia dos treinamentos	Analisar se houve melhora no indicador

Tabela 5 - Plano de Ação 2.

Fonte: O autor.

As ações relacionadas ao treinamento se deram inicialmente pela entrevista com o fiscal responsável pelas cubagens na matriz. Este relatou a forma com que realiza o processo, os tipos de perfis de mercadorias que a empresa transporta bem como as dificuldades encontradas no desempenho de suas atividades. A equipe compilou as informações, comparando-as com o documento de instrução de trabalho atual. Verificou-se que no processo existem várias particularidades devido a variedade dos perfis de mercadorias. Realizaram-se então as adequações pertinentes de acordo com cada perfil para o melhor desempenho do processo. Entre outras mudanças que ocorreram, a fim de agilizar e facilitar o processo, foram disponibilizadas réguas de cubagem nas unidades, as quais ficam fixadas na parede.

4.6 Verificação

Quando validado seu formato, o indicador foi configurado dentro da plataforma *Agro-BI* a qual realiza análises de alguns dos indicadores da empresa. Os dados oriundos do Sistema SSW, por sua vez, deixaram de ser enviados ao QlikView e passaram a ser alimentados dentro desta plataforma, que realiza o cálculo automaticamente, como mostra a Figura 3 - Indicador de Cubagem.

Figura 3 - Indicador de Cubagem.

Fonte: O Autor.

4.7 Padronização e Conclusão

Quanto ao processo de treinamento, foi atualizado o documento de instrução de trabalho inserindo as novas observações as quais definem o trabalho padrão para todas as unidades e elaborado treinamentos para todas as unidades. Para garantir que o processo seja efetivo a longo prazo, definiu que o processo será revisado anualmente para averiguar possíveis mudanças e melhorias.

5 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao final da aplicação do MASP, conclui-se que os objetivos da sua aplicação foram alcançados com êxito, visto que, segundo o resultado do indicador presente na fase de padronização, desde que as ações foram implementadas ele vem em uma crescente significativa. O indicador mostrou que houve um crescimento de 13% no índice de cubagem corretas da amostra no período de janeiro/21 a abril/21.

O método foi utilizado em sua integralidade, apresentando todas as suas etapas sempre dispondo das ferramentas da qualidade cabíveis para cada uma, às quais possibilitaram o sucesso deste estudo. O levantamento das causas fundamentais do problema foi realizado e sua análise de forma minuciosa foi imprescindível para o atingimento do objetivo proposto.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para dar seguimento a este estudo, seria importante a avaliação da implementação de cubadoras automáticas nos terminais, avaliando seu custo-benefício a longo prazo. Embora foram implementadas medidas para garantir a assertividade das aferições, ainda se está passivo de erro humano devido a cubagem ser realizada pelos operadores.

O respaldo positivo desta abordagem foi a interação dos envolvidos no processo com o método. De alguma maneira, pessoas de diferentes áreas utilizaram uma ou mais ferramentas da qualidade a fim de entregar seus resultados. Tal fato, fomentou a busca pelo método dentro da organização de modo que os envolvidos entendessem seus benefícios e o aplicassem em seus processos.

REFERÊNCIAS

BARTON, Leonard D. **Nascentes do Saber.** Criando e sustentando as fontes de inovação. Rio de Janeiro: Editora Fundação Getúlio Vargas, 1998.

CAMPOS, Vicente Falconi. **O Valor dos recursos humanos na era do conhecimento**. 8. Ed. Nova Lima: Editora Falconi, 2014.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: Controle da qualidade total (no estilo japonês).** Belo Horizonte: Editora Bloch, 1992.

CROSBY, Philip B. **Qualidade é investimento.** [*S. l.*]: José Olympio, 1979.

MARSHALL, Isnard. **Gestão da Qualidade e Processos.** [*S. l.*]:1ªed. FGV, 2012.

ORIBE, Claudemir. **A história do MASP.** Revista Banas Qualidade. 2 Jul. 2012. Disponível em: <http://www.qualypro.com.br/adminqualypro/upload/arquivo?nome=33.pdf&dir=pdf>. Acesso em 03 Abr 21.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas Estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Vol. 2. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

CAPÍTULO 14

AVALIAÇÃO E DIAGNÓSTICO PARA INDENTIFICAR FALHAS NOS PROCESSOS PRODUTIVOS QUE GERA PERDAS E CUSTOS NA PRODUÇÃO

Data de aceite: 01/07/2021

Espedito Alves Bezerra
Graduando em engenharia de produção
aelbra ASSOC. educacional luterana do brasil-itumbiara-goias

Tamires Sousa Araujo
httpd://orcid.org/0000-0002-0926-151
universidade federal de mato grosso-campus tres lagoas

RESUMO: Em um mercado cada vez mais competitivo, as empresas buscam ferramentas que possibilitem o aumento de produtividade com a redução de perdas que gera custos adicionais. O artigo apresenta um estudo de caso realizado em uma empresa da região sudeste, onde buscou busca avaliar o custo de perdas residuais gerados pelo processo de produção de óleos e gorduras, especificamente em um processo de desodorização de óleo vegetal. Utilizando a ferramenta da qualidade denominada 5 porquês, conhecida como análise de causa raiz, proporcionou a criação de um plano de ação, com objetivo de aumentar a disponibilidade e a eficiência, reduzindo custos e eliminando desperdícios. Verificou-se a importância deste estudo através dos resultados demonstrados nos meses seguintes com o aumento da lucratividade da empresa analisada.

PALAVRAS - CHAVE: Ferramenta da qualidade; Redução de custos; Aumento da lucratividade.

EVALUATION AND DIAGNOSIS TO IDENTIFY FAILURES IN PRODUCTIVE PROCESSES THAT GENERATE LOSSES AND COSTS IN PRODUCTION

ABSTRACT: In an increasingly competitive market, companies are looking for tools to increase productivity by reducing losses that generate additional costs. The article presents a case study carried out in a company from the southeast region, where it sought to evaluate the cost of residual losses generated by the process of production of oils and fats, specifically in a process of deodorization of vegetable oil. Using the so-called 5-factor quality tool, known as root cause analysis, it provided an action plan to increase availability and efficiency, reducing costs and eliminating waste. It was verified the importance of this study through the results demonstrated in the following months with the increased profitability of the analyzed company.

KEYWORDS: Quality tool; Cost reduction; Increased profitability.

1 I INTRODUÇÃO

As indústrias para se manterem no mercado cada vez mais competitivo estão desenvolvendo ferramentas que aperfeiçoem os processos produtivos, assegurando a qualidade de seus produtos e visando alcançar a satisfação de seus clientes. Silva e Barbosa (2002) já apresentavam que as empresas para se manterem no mercado precisavam de inovação.

Segundo Geitenes (2013) argumenta que é relevante a indústria eliminar desperdícios e perdas que podem impactar em custos desnecessários, com o objetivo de valor aos produtos através de um processo produtivo eficaz. De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009), todas as operações possuem interesse em manter seus custos tão baixos quanto possível, desde que compatíveis com os níveis de qualidade, velocidade, confiabilidade e flexibilidade que os consumidores demandam. É importante ressaltar que "o princípio da minimização dos custos é um conceito básico subjacente ao Sistema Toyota de Produção. A sobrevivência da empresa depende, portanto, da redução dos custos. Isso requer a eliminação completa das perdas" (SHINGO, 1996, p.263).

Uma parte industrial pouco explorada é a de gordura vegetal, sendo necessário o uso de técnicas de minimização de custos. Castro (1977, p.158) argumenta que a produção de gordura vegetal é um ramo da indústria alimentícia que tem pouca atuação no Brasil, principalmente quando se trata de produção em grande escala "as indústrias de óleos e gorduras vegetais constituem o segmento importante do sub-ramo. Apesar de o número de estabelecimentos estarem apenas em torno de 4 á 6%, apresenta papel significativo quanto ao número de empregados". (CASTRO, 1977,p.158).

Nesse sentido, visto que a indústria de gordura vegetal é pouco explorada no mercado brasileiro, e a maximização de custos pouco discutida neste ramo, justifica-se a necessidade de analisar uma indústria da região sudeste, a fim de identificar falhas com perdas no processo, e obter informações sobre os custos gerados com essas perdas e levantar a seguinte problemática: Qual o custo de perdas geradas pelo processo de produção?

Partindo dessa problemática o referido projeto apresenta como objetivo geral avaliar o custo de perdas residuais gerados pelo processo de produção de óleos e gorduras, e em específico: Levantar a quantidade em toneladas de óleos e gorduras reprocessados mensalmente; analisar as possíveis causas que gera o reprocesso e obter os custos gerados com o mesmo.

Quanto à estrutura deste trabalho, inicialmente, apresenta-se esta introdução, na sequência, a revisão da literatura; posteriormente, os procedimentos metodológicos adotados para o estudo. Em seguida, são evidenciados os resultados da pesquisa, e, finalmente, registram-se as considerações finais.

2 I FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Leanmanufactoring – conceitos e definições operacionais

A filosofia leanmanufactoring, produção enxuta ou como também é chamado STP, pode ser definido como um sistema criado pela Toyota com o objetivo de reduzir desperdícios e como medida para conseguir entrar no mercado automobilístico após a Segunda Guerra Mundial, que por sua vez resultou na queda da economia, com o aumento da concorrência

de outros países, escassez de materiais e baixa demanda. (WOMACK, 2004).

Após o Japão ter perdido a guerra, a Toyota teve um novo recomeço sendo criado o STP, tendo a sua base na eliminação dos desperdícios. Apresentando como pilares o JIT (Just in time) e a autonomação. No *Just* in time significa que em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias para a montagem alcançam a linha de montagem no momento em que é necessária e somente na quantidade necessária, uma empresa que estabeleça esse fluxo completamente, pode chegar ao estoque zero. Enquanto que na autonomação (jidoka), o operador tem autonomia para parar a máquina ao identificar um problema, forçando a todos a tomar conhecimento do fato, com o problema claramente compreendido, a melhoria é possível (OHNO, 1997).

> A palavra japonesa ji-do-ka consiste de três caracteres chineses. O primeiro, ji, se refere ao próprio trabalhador. Se ele sente que "algo não está bem", ou que "está criando um defeito", deve parar a linha. Do se refere ao movimento, ou trabalho, e ka ao sufixo "ação". Juntando as partes, jidoka tem sido definido pela Toyota como "automação com uma mente humana" e se refere aos trabalhadores e às maquinas inteligentes identificando os erros e decidindo por contramedidas rápidas (DENNIS PASCAL, 2008, p.109).

Assume também que o transporte é o papel mais importante no sistema lean e que o mapeamento do fluxo de valor (MFV) é uma linguagem que ajuda a compreender nossa situação atual e identificar oportunidades de kaizen (melhoria continua). O Just in time possui como componentes o kanban (sistema de cartões) e o heijunka nivelamento da produção. (OHNO, 1997).

O kanban é um método de controle da produção do Sistema Toyota de Produção. Geralmente é usado um pedaço de papel ou cartões dentro de um envelope com as informações separadas em informação de coleta, informação de transferência e informação de produção (OHNO, 1997).

Pascal (2008) firma que para alcançar as metas e obter a melhor qualidade com o menor custo, no lead time mais baixo, é necessário repensar os fundamentos do gerenciamento de qualidade, distanciando do controle de qualidade estatístico para ir à direção da injeção total e poka-yoke, que é uma ferramenta simples, barata e robusta que inspeciona 100% dos itens, detecta erros que podem causar defeitos e fornece feedback rápido para que contramedidas possam ser tomadas.

2.2 As sete perdas subjacentes ao leanmanufactoring

As perdas no processo produtivo podem ocorrer por diversos fatores. Shingo (1996, p.263) classifica as perdas na produção em 7 diferentes tipos de perdas sendo elas:

> 1. Perdas por superprodução (quantitativa e por antecipação): são perdas que ocorrem devido à produção acima da demanda indevida a antecipação de produtos.
>
> 2. Perdas por transporte: o transporte não atribui valor ao produto não havendo

alteração na forma do mesmo.

3. Perdas no processamento em si: são perdas geradas de atividades que não contribuem para a melhoria da qualidade do produto.

4. Perdas devido à fabricação de produtos defeituosos: produtos defeituosos que não estão dentro das conformidades de qualidade necessárias é um desperdício que gera custos de produção.

5. Perdas nos estoques: Os estoques caracterizam como desperdícios devido aos custos gerados com sua produção. O produto precisa movimentar entrar no mercado para gerar lucro.

6. Perdas no movimento: São perdas que ocorrem devido a movimentos realizados de maneira desnecessária por trabalhadores.

7. Perdas por espera: Essas perdas ocorrem quando há uma paralisação de funcionários e máquinas devido à falta de sincronização do processo de produção.

2.3 O processo de produção de óleos e gorduras

De acordo com Moretto e Fett (1998), os óleos e gorduras podem ser classificados como substâncias hidrofóbicas, compostas de triglicerídeos. Os óleos possuem instaurações em suas cadeias carbônicas, já as gorduras apresentam cadeias carbônicas saturadas.

A obtenção do óleo vegetal bruto é feita por meio de métodos físicos e químicos sobre as sementes de oleaginosas usando se uma solvente como extrator e prensagem (IBID). Nessa fase, o óleo vegetal contém impurezas como ácidos graxos livres prejudiciais a qualidade e estabilidade do produto, sendo necessário remover impurezas, pelos processos de refino que envolve a remoção do solvente, a degomagem, o branqueamento, a desacidificação e a desodorização (BATISTA; MONNERAT; KATO, 1999).

Ainda de acordo com Batista, Monnerat e Kato a produção de óleos e gorduras extraídos de plantas oleaginosas tem como objetivo remover as impurezas e quando destinados ao consumo humano é preciso melhorar sua cor, aparência e sabor para remoção de substâncias indesejáveis como fosfatídeos, ácidos graxos livres, substâncias coloidais e pigmentos. Dentre outros, o índice de acidez torna-se um parâmetro de qualidade do produto final por isso, precisa ser purificado. As etapas do processo consistem na degomagem ácida, neutralização da acidez do óleo degomado, clarificação, hidrogenação e desodorização do óleo ou da gordura. A etapa final do processo a desodorização é o foco da pesquisa, onde podem ocorrer variações que influenciam no produto acabado.

A hidrogenação de acordo com (PINHO, D.M.) é muito utilizada pela indústria alimentícia para aumentar o prazo de validade de óleos ou para produzir as gorduras vegetais hidrogenadas. Segundo (PINHO) existem dois processos onde a diferença entre eles é o grau de hidrogenação e salienta também que, para estabilizar óleos, a hidrogenação é feita de forma parcial, mantendo um determinado grau de instauração no produto final, de forma a que sua fluidez não seja comprometida e ele continue líquido

a temperatura ambiente. Já para a produção de gorduras vegetais hidrogenadas, muito usadas para confecção de tortas e bolos, a hidrogenação é realizada de forma quase completa. O processo industrial de hidrogenação de óleos e gorduras é realizado utilizando um catalisador de níquel finamente dividido, obtido a partir da redução de complexos do metal com hidrogênio molecular, usualmente suportado em sílica.

3 I MÉTODO DE PESQUISA

Esse trabalho foi desenvolvido por meio de uma pesquisa bibliográfica em artigos relacionados ao tema disponíveis na internet, que posteriormente serão usados na fundamentação do conteúdo em questão. A pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros artigos e artigos científicos. Embora em quase todos os estudos seja exigido um trabalho dessa natureza, há pesquisas desenvolvidas exclusivamente de fontes bibliográficas. (GIL, 2002).

Esta pesquisa possui natureza descritiva, na qual está sendo realizada uma observação da produção de óleos e gorduras em uma indústria alimentícia. O presente trabalho possui como foco uma abordagem quantitativa, pois busca mensurar os custos gerados devido aos desperdícios de óleos e gorduras durante o processo dos mesmos. O mesmo configura-se também como uma pesquisa-ação, que consiste na resolução de um problema, em que é preciso o envolvimento dos pesquisadores ou pessoas envolvidas no mesmo, de maneira participativa e cooperativa (GIL, 1991).

Os custos serão coletados mensalmente conforme visitas na indústria, sendo realizada posteriormente uma comparação entre a fundamentação teórica e a prática aplicada na indústria.

4 I ESTUDO DECASO

Para agregar valor aos produtos através de um sistema produtivo eficaz, é importante a indústria eliminar desperdícios, que podem impactar em custos desnecessários. “A sobrevivência da empresa depende, portanto, da redução dos custos. Isso requer a eliminação completa das perdas” (SHINGO, 1996, p.263). Partindo dessa problemática o referido projeto apresenta como objetivo geral avaliar o custo de perdas residuais gerados pelo processo de produção de óleos e gorduras, consequentemente contribuindo com desenvolvimento sustentável através da redução de recursos naturais eliminando danos ao meio ambiente. Foi realizada uma pesquisa sobre o tema em artigos e livros. Em seguida, foi realizado um estudo de caso em uma indústria alimentícia localizada na região sudeste. Foram realizadas visitas á empresa para o levantamento de dados.

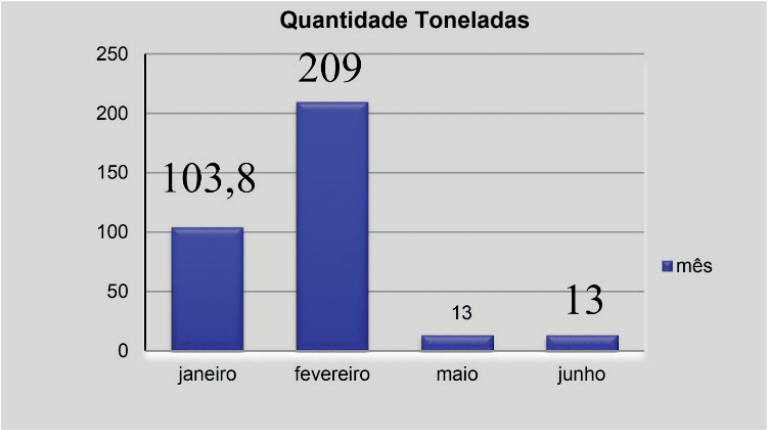


Gráfico 1. Comparativo toneladas produzidas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi possível verificar que nos meses de janeiro e fevereiro houve um desperdício alto com reprocesso de óleos e gorduras, e nos meses de maio e junho, observou-se a melhoria decorrente das ações realizadas.

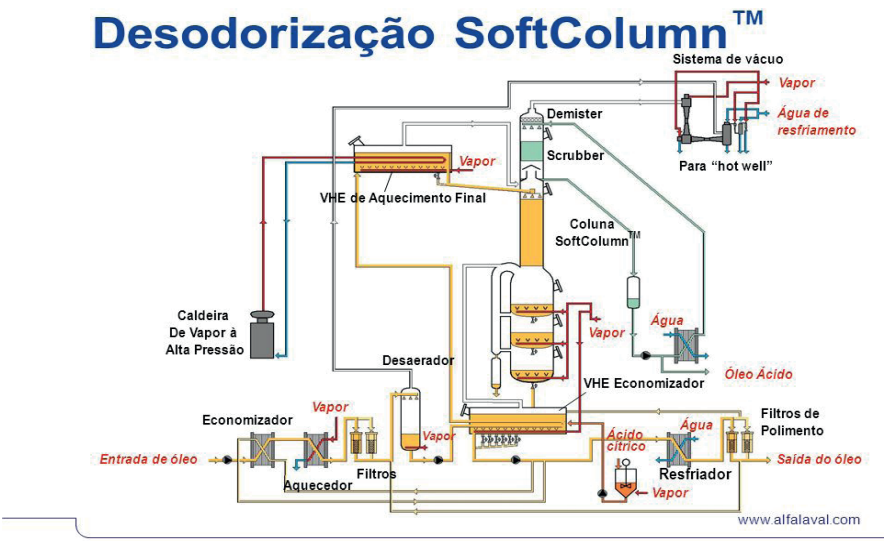


Figura 1: Desodorizador.

Fonte: https://www.google.com.br/search/imagem desodorizador de óleos nos processos industriais.

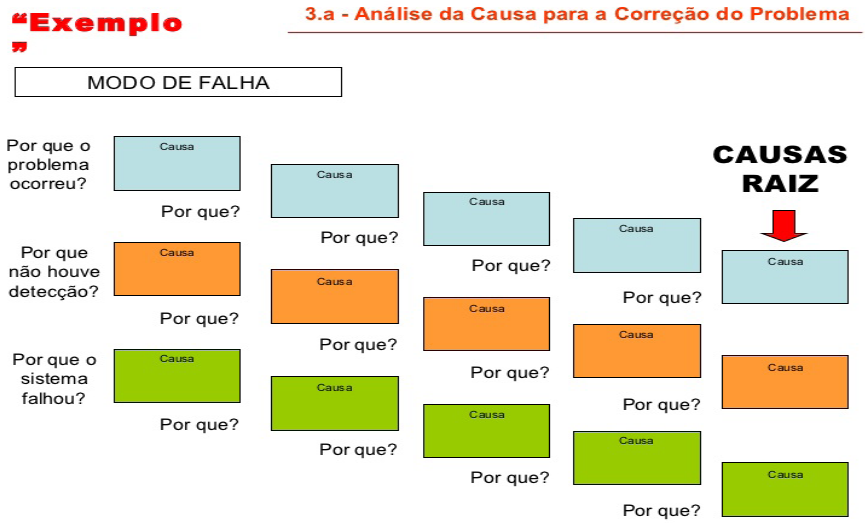
Verificou-se que na etapa do processo de desodorização havia uma falha na dosagem de auxiliar filtrante no branqueamento do óleo, que ocasionava desconformidade na cor do produto acabado, gerando reprocesso. Outra falha ocorria quando havia oscilação no sistema de vácuo, a acidez do produto aumentava causando reprocesso e gerando altos custos para a empresa analisada, conforme quadro abaixo.

Mês	Motivo	Custo/ton.	Reprocesso	Custo Total
Janeiro	Acidez alta	R$ 340,00	25.828	R$ 8.781,52
	Estabilidade	R$ 340,00	26.196	R$ 8.906,64
	Paladar	R$ 340,00	51.785	R$ 17.606,90
TOTAL			103.809	R$ 35.295,06
Fevereiro	Cor vermelha alta	R$ 340,00	130.000	R$ 44.200,00
	Paladar	R$ 340,00	79.000	R$ 26.860,00
TOTAL			209.000	R$ 71.060,00

Quadro 1: Titulo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como medida de melhoria foi utilizada a ferramenta da qualidade denominada 5 porquês, que é conhecida como análise de causa raiz. Essa ferramenta proporcionou a criação de um plano de ação, dentro desse plano foi criada uma tabela de especificação de cores dos produtos acabados e disponibilizada para os operadores. Em relação às perdas ocasionadas pela acidez alta, foi criada uma rota de inspeção e calibração nos instrumentos transmissores de vácuo. Com essa medida foi possível reduzir o consumo de vapor.



Fonte: www.google.com.br/search/imagem analise causas raiz 5 porquês.

Após a implementação da ferramenta da qualidade 5 porquês, a quantidade de reprocesso diminuiu consideravelmente nos meses seguintes e reduziu os desperdícios no processo, possibilitando o aumento dos lucros da empresa analisada contribuindo com a sustentabilidade do planeta com a redução recursos naturais.

5 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do referido projeto de pesquisa foi o de descrever como a Indústria é capaz de utilizar ferramentas de gestão de qualidade com o propósito de responder ao problema. Descobriu-se durante a pesquisa que, as falhas nos processos de fabricação levam a elevar os custos com reprocesso. Identificou-se na pesquisa junto à empresa, que a prática da análise dos 5 porquês faz parte de suas atribuições para a melhoria dos resultados, sendo uma ferramenta vital para o sucesso do negócio. A pesquisa revelou ainda, que a redução dos reprocesso contribui de forma direta com a sustentabilidade do planeta reduzindo o uso de recursos naturais. Conclui-se, na presente pesquisa, que os funcionários e colaboradores são partes fundamentais para as analises de causas raiz dos problemas, pois podem fornecer informações o que levam a trazer resultados com aumento na produtividade e na qualidade do produto final, tornando a empresa mais forte no mercado.

REFERÊNCIAS

CASTRO, A.B. **Observações sobre a indústria brasileira de alimentos**. Rev. adm. empresa**,** São Paulo, v. 17, n. 6, p. 71-79, Dec. 1977. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75901977000600005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 24 May 2017.

BATISTA, E; MONNERAT, S; KATO, K.Liquido-Liquido equilíbrio para sistemas de canola, ácido oléico e alcoóis de cadeia curta.**Eng. Data**, v.44, n.6, p.1360-1364, 1999.

BORNIA, A. **Mensuração das perdas dos processos produtivos**: uma abordagem metodológica de controle interno. Florianópolis: UFSC, 1995. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) PPGEP/UFSC.

ELIAS, S**. Contribuição da Produção Enxuta para obtenção da Produção mais Limpa**: XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de out de 2003 Disponível em:< https://scholar.google.com.br/ >. Acesso em: 31 maio. 2017, 10:20:30.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

MACHADO-DA-SILVA, C. L.; BARBOSA, S. L. **Estratégia, fatores de competitividade e contexto de referência das organizações: uma análise arquetípica**. Rev. adm. contemp**.**, Curitiba , v. 6, n. 3, p. 7-32, Dec. 2002 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo. php?script=sci_arttext&pid=S1415-65552002000300002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 24 maio 2017.

MORETTO, E; FETT, **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos.** São Paulo: Varela Editora e Livraria Ltda, 1998.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997

PASCAL, D. **Produção LeanSimplicada**. 2. ed.PortoAlegre:Bookman, 2008.

PINHO, D. M. M**. A Hidrogenação de Óleos e Gorduras e suas Aplicações Industriais***Rev. Virtual Quim*, **2013**, *5* (1), 47-62. Data de publicação na Web: 9 de fevereiro de 2013. Disponível em:< https://scholar. google.com.br/ >. Acesso em: 05 maio. 2017, 17:30.

SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

CAPÍTULO 15

TECNOLOGÍA DE JAULAS MARINAS PARA CULTIVO DE PECES EN EL LITORAL DE ILO, PERÚ – 2020

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 10/06/2021

Edward Paul Sueros Ticona
Universidad Nacional de Moquegua- Perú
Escuela Profesional de Ingeniería Pesquera
https://orcid.org/0000-0003-4609-2185
Ciudad de Tacna

Walter Merma Cruz
Universidad Nacional de Moquegua- Perú
Escuela Profesional de Ingeniería Pesquera
https://orcid.org/0000-0003-3742-6235
Ciudad de Ilo – Moquegua

Alfredo Maquera Maquera
Coordinador de proyectos - Asociación de pescadores artesanales no embarcados y protectores del medio ambiente marino del puerto de Ilo – Perú
https://orcid.org/0000-0003-0658-0344
Ciudad de Ilo – Moquegua

Dionicio Clímaco Hualpa Bellido
https://orcid.org/0000-0002-9869-5167
Ciudad de Ica

Patricia Matilde Huallpa Quispe
https://orcid.org/0000-0003-1456-2015
Ciudad de Tacna

Nelly Azucena Sotelo Medina
https://orcid.org/0000-0002-5183-8298
Ciudad de Ica

Lucy Goretti Huallpa Quispe
https://orcid.org/0000-0001-7260-2148
Ciudad de Ica

Brígida Dionicia Huallpa Quispe
https://orcid.org/0000-0002-9729-7482
Ciudad de Tacna

RESUMEN: El presente estudio tuvo como objetivo general: Desarrollar un sistema tecnológico de jaulas flotantes en el mar para el cultivo de peces marinos dentro del litoral de Ilo. Es una investigación de tipo aplicada con diseño cuasi experimental. Metodología: El proceso está constituido primero por un sistema de jaula marina la cual incluye el análisis de: Condiciones climáticas, condiciones oceanográficas, acceso a puerto, entorno, legislación, distancia; y, luego continua con el diseño de la jaula marina (balsa-jaula). Resultados: Se tiene como resultados preliminares a través del estudio “Desarrollo de capacidades técnicas para el cultivo de Cilus gilberti - corvina en la provincia de Ilo, Región Moquegua” mediante el cual se instalaron las jaulas de cultivo aproximadamente a 1.2 km de la costa frente a la playa “Piedras Negras” al norte de Ilo en la cual se sembraron juveniles de corvina. Conclusiones: El diseño y la construcción de la jaula marina para cultivo de peces, resultó apropiado debido a que los materiales utilizados están en el rango óptimo de calidad; se tiene peces en crecimiento preliminarmente en las jaulas marinas diseñadas y construidas para cultivo de peces; y finalmente, el mantenimiento de las jaulas resultó manejable técnicamente, debido a que permite periódicamente su evaluación y mantenimiento.

PALABRAS CLAVE: Cultivo, jaula flotante, peces marinos.

MARINE CAGE TECHNOLOGY FOR FISH FARMING ON THE COAST OF ILO, PERU – 2020

ABSTRACT: The present study had as general objective: To develop a technological system of floating cages in the sea for the cultivation of marine fish within the coastline of Ilo. It is an applied research with experimental design. Methodology: The process is constituted first by a marine cage system which includes the analysis of: Climatic conditions, oceanographic conditions, access to port, environment, legislation, distance; and then continue with the design of the marine cage (raft-cage). Results: The preliminary results are through the study "Development of technical capacities for the cultivation of Cilus gilberti - corvina in the province of Ilo, Moquegua Region" by means of which the cultivation cages were installed approximately 1.2 km from the coast in front to the "Piedras Negras" beach to the north of Ilo, where juvenile croaker was planted. Conclusions: The design and construction of the marine cage for fish culture was appropriate because the materials used are in the optimum quality range; fish are preliminarily growing in marine cages designed and built for fish culture; and finally, the maintenance of the cages was technically manageable, since it periodically allows their evaluation and maintenance.
KEYWORDS: Culture, floating cage, marine fish.

1 I INTRODUCCIÓN

Se estima que la producción mundial de pescado ha alcanzado unos 179 millones de toneladas en 2018, con un valor total de primera venta estimado de 401 000 millones de USD, de los cuales 82 millones de toneladas, por valor de 250 000 millones de USD, procedieron de la producción acuícola. Del total general, 156 millones de toneladas se destinaron al consumo humano, lo que equivale a un suministro anual estimado de 20,5 kg per cápita. Los 22 millones de toneladas restantes se destinaron a usos no alimentarios, principalmente para la producción de harina y aceite de pescado. La acuicultura representó el 46% de la producción total y el 52% del pescado para consumo humano (FAO, 2020).

El consumo mundial de pescado comestible aumentó a una tasa media anual del 3,1% entre 1961 y 2017, una tasa que prácticamente duplica el crecimiento de la población mundial anual (1,6%) durante el mismo período, y que es superior a aquella de todos los demás alimentos que contienen proteínas de origen animal (carne, productos lácteos, leche, etc.), que aumentó un 2,1% anual. El consumo de pescado comestible per cápita aumentó de 9,0 kg (equivalente en peso vivo) en 1961 a 20,5 kg en 2018, aproximadamente un 1,5% anual (FAO, 2020).

La pesca extractiva disminuye anualmente, especialmente en nuestro país. Muchas especies marinas y del ámbito continental son extraídas con esfuerzos de pesca que no permiten una recuperación natural, llegando incluso a la extinción de muchos recursos hidrobiológicos. Esta situación pone en peligro la seguridad alimentaria y una alternativa viable de solución es la acuicultura. Sin embargo, en el Perú no se tiene desarrollada

la acuicultura marina en cuanto a cultivo de peces, debido básicamente a la escasez de investigaciones en tecnologías de cultivo y sobre todo la utilización de jaulas flotantes que permitan un cultivo a mayor escala.

La acuicultura en jaulas ha crecido rápidamente durante las últimas décadas y, actualmente, está experimentando grandes cambios como respuesta a las presiones de la globalización y a un aumento de la demanda global de productos acuáticos. Se ha avanzado, no sólo hacia la agrupación de las jaulas existentes, sino también hacia el desarrollo y uso de más sistemas intensivos de cultivo en jaulas. En particular la necesidad de contar con sitios apropiados ha hecho que esta actividad acceda y se expanda a nuevas áreas inexploradas del cultivo en aguas abiertas, como en lagos, reservas, embalses, ríos y aguas salobres y marinas del mar abierto. Se reconoce la enorme importancia de la acuicultura en jaulas hoy en día y su papel clave para el futuro crecimiento del sector acuícola peruano. (Halwart, M.; Soto, D.; Arthur, J.R. (eds.) FAO Documento Técnico de Pesca. No. 498. Roma, FAO. 2008. 255p.

Marco (2019), abordó el proceso de una instalación destinada a la acuicultura en aguas abiertas con el objetivo de que esta disponga de la mayor capacidad autosostenible posible y como primer paso seleccionó la especie a la que irá destinada siguiendo algunos criterios tales como: Criterios biológicos, criterios de mercado y criterios de producción. De igual manera, analizó y estudió posibles emplazamientos, basándose en los factores climatológicos que influirían en las estructuras, las condiciones para un crecimiento apropiado que depende de la especie a cultivar y otros aspectos técnicos como la accesibilidad o la proximidad al mercado.

Es conocido que la pesca enfrenta una serie de problemas como el agotamiento de los recursos, como consecuencia a la sobreexplotación, la degradación ambiental, la contaminación ambiental, entre otros. Las especies corvina y seriola no son ajenas a esta realidad, debido a que son unas de las especies más importantes para los pescadores artesanales de orilla de la Provincia de Ilo y de las costas del Perú. A su vez son recursos de carne magra, alto valor en el mercado y catalogadas como de excelente calidad, muy apreciada en la gastronomía nacional e internacional, estas especies se pueden cultivar en jaulas marinas flotantes.

El Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero – FONDEPES, organismo público ejecutor del Ministerio de la Producción, viene trabajando en la viabilidad de desarrollar nuevos paquetes tecnológicos de peces marinos de importancia comercial, identificando entre ellas a la Corvina (Cilus gilberti). Esta especie dado su alto valor comercial y demanda en el mercado nacional ha permitido posicionarlo como preferencia para los consumidores nacionales, situación ha generado un mayor esfuerzo de su captura, originando una disminución considerable de la biomasa disponible en el mar peruano de este importante recurso pesquero.

FONDEPES, inició sus trabajos experimentales con la corvina desde el 2013 gracias

a los trabajos de adaptabilidad a condiciones de cautiverio se logró su adaptación total a inicios del 2015. Seguidamente, se iniciaron los trabajos técnicos para su reproducción en cautiverio y en diciembre de 2016, se logró la primera reproducción de esta especie en el Centro de Acuicultura Morro Sama-Tacna, la cual marcará un punto de partida inicial en la acuicultura de esta especie.

Por otro lado, la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann a través del proyecto: "Investigación y desarrollo de las tecnologías de cultivo de peces marinos de importancia económica: Corvina (Cilus gilberti) y sargo (Anisotremus scapularis) en la región Tacna" a la fecha cuenta con un stock de peces adultos aclimatados y acondicionados en sistema de cautiverio que se mantienen como reproductores.

Es importante resaltar que en el año 2014 dos proyectos de investigación de estudiantes de la UNAM denominados "Captura y adaptación a la cautividad de reproductores de corvina Cilus gilberti con tres dietas en el litoral marino de Ilo" y "Efectos de densidad de siembra sobre el crecimiento y supervivencia en sistema de cautiverio de juveniles de corvina Cilus gilberti en el litoral marino de Ilo" ganaron financiamiento de parte de la UNAM, aprobado con Resolución de C.O. N° 405 -2014-UNAM, sin embargo no se ejecutaron debido a que la Universidad NO contaba con un área cerca al mar, actualmente existe el convenio con el CITE Pesquero Ilo, por 25 años para que Universidad pueda hacer uso de sus instalaciones, esto se convierte en una gran oportunidad para realizar el presente trabajo de investigación.

La Fundación Chile cuenta con un programa para el cultivo de la corvina desde el año 2003, orientado y comprometido a la obtención de las tecnologías necesarias para desarrollar una acuicultura productiva de la Corvina he integrarla en el menor tiempo posible en el concierto acuícola nacional y mundial. A lo largo de los años ha desarrollado una base tecnológica en esta especie para acceder a una tecnología madura que permita un escalamiento productivo.

En Perú, específicamente en la Provincia de Ilo, han realizado importantes proyectos para el desarrollo de etapas tempranas del cultivo de la corvina, pero se desconocen aspectos técnicos y económicos de escalamiento productivo que favorezcan la introducción al mercado de estos productos. A su vez, en el norte del Perú, existe un interés creciente de empresas nacionales de realizar cultivos comerciales de seriola, con el fin de diversificar su oferta.

El no desarrollo de técnicas de construcción de balsas jaulas específicas para las necesidades de la costa de la Región de Moquegua, hacen que no se dé un paso decisivo en su masificación dentro del litoral de Ilo, que permita aprovechar las diferentes especies comerciales de alto valor en el mercado, considerando, además que existen paquetes tecnológicos desarrollados para su cultivo.

Por ello nuestro objetivo de estudio es desarrollar un sistema tecnológico de jaulas flotantes en el mar para el cultivo de peces marinos dentro del litoral de Ilo y aprovechar

las condiciones apropiadas para el cultivo de peces comerciales de diferentes condiciones, con alto valor de mercado y alta demanda. Siendo los objetivos específicos: Diseñar la construcción de la jaula marina para cultivo de peces y evaluar materiales a ser utilizados, Evaluar el crecimiento de peces en en las jaulas marinas diseñadas y construidas para cultivo de peces. Evaluar la viabilidad del mantenimiento.

2 I MATERIALES Y METODOLOGÍA

a) Sistema de jaula marina

- Condiciones climáticas: La identificación de un adecuado emplazamiento para el desarrollo de un proyecto acuícola es un elemento gravitante para el éxito de este, tanto desde el punto de vista de la ingeniería como desde el comercial. En la evaluación de un sitio es esencial definir las condiciones ambientales predominantes con respecto a las características físicas del potencial sistema de cultivo para determinar si este es o no factible de ser considerado, y si no lo es proceder con modificaciones en el diseño o en su configuración para lograr los objetivos propuestos, siendo los elementos más importantes la fuerza de las olas, viento y corrientes.
- Condiciones oceanográficas (corrientes, oleaje): Estas condiciones son producidas generalmente son producidas por el viento, diferencias de densidad entre masas de agua o desnivel del mar. Este aspecto de las velocidades de corrientes y la magnitud de las olas tiende a ser de gran importancia al seleccionar el lugar y tipo de unidad de cultivo.
- Acceso a puerto: Es de suma importancia contar con accesos expeditos y confiables para el ingreso a mar, para de esta forma poder garantizar las operaciones de forma constante.
- Entorno: Contar con entonos libres de contaminación, de fácil acceso a servicios y materiales, es primordial para llevar a cabo un cultivo.
- Legislación: Es necesario contar con los permisos y autorizaciones legales para realizar instalaciones o cultivos en mar. Si no se cuenta con ellos se puede demorar y/o anular la ejecución de este tipo de proyectos.
- Distancia: Mantener centros de cultivo en mar cercanos a puertos y zonas de abastecimiento, resulta primordial para mantener un mejor control de los centros en mar y abaratar los costos operacionales.

b) Diseño de jaula marina

El cultivo en jaulas flotantes es uno de los sistemas más productivos en la acuicultura y uno de los más utilizados para el cultivo intensivo de peces marinos en la actualidad. La preferencia por el uso de estos sistemas se debe a que la jaula para cultivo ofrece un espacio para el mantenimiento de los organismos en su medio natural, es decir, en el

sitio de su desarrollo habitual, lo que significa que sus parámetros hidrobiológicos como el oxígeno, salinidad y temperatura, entre otros, se obtienen de manera natural, lo que puede permitir aumentar la densidad de cultivo y hacerlo más productivo.

Una balsa-jaula consiste básicamente en una estructura rígida, o semirrígida de variados diseños, formas y tamaños, la cual se encuentra flotando fuertemente adherida al fondo marino mediante un sistema de fondeo, contando con una red-jaula que permite conservar a los peces en su interior y una red llamada lobera para aislarlos de los depredadores (Figura 1). El comportamiento de las balsas flotantes depende de la magnitud incidencia de la ola, viento y corriente, de las características del sistema de fondeo, además de sus dimensiones, forma y peso de la instalación. En realidad, los factores involucrados en un sistema de balsas-jaula son muchos y variados por las múltiples funciones que estos cumplen. Pero los de mayor importancia a considerar es el determinar lo más cercano a la realidad posible las fuerzas naturales a las que está expuesto un centro de cultivos.

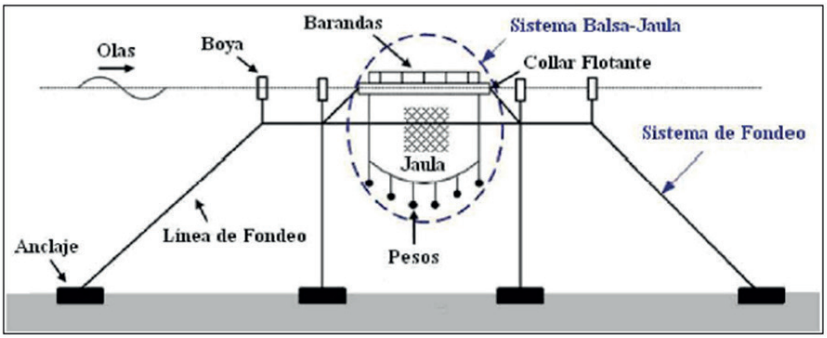


Figura 1: Diagrama esquemático de un sistema balsa-jaula-fondeo.

Fuente: Huang, 2006.

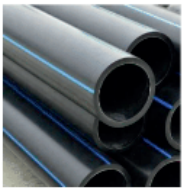
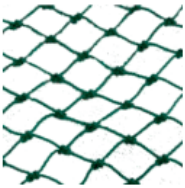
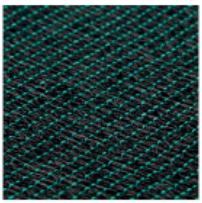
3 I RESULTADOS

Se tiene como resultados preliminares con el Proyecto “Desarrollo de capacidades técnicas para el cultivo de *Cilus gilberti* - corvina en la provincia de Ilo, Región Moquegua” teniendo como entidad ejecutora la “Asociación de pescadores artesanales no embarcados y protectores del medio ambiente marino del puerto de Ilo”, de las cuales se presenta los siguientes resultados:

Materiales y equipos de la infraestructura acuícola

Con la finalidad de tener un espacio y zona adecuada; en primer lugar, se realizó una valuación oceanográfica, para luego ubicar técnicamente siendo la zona donde ubicaron las jaulas de cultivo frente de la playa “Piedras Negras” al norte de Ilo. Las jaulas instaladas están aproximadamente a 1.2 km de la costa, las que se diseñaron y construyeron de

materiales resistentes flexible y otros de gran dureza (solidos) para resistir las fuerzas oceánicas durante el desarrollo del proyecto, para lo cual sembraron jueniles de corvina, las características y descripción presentamos a continuación:

Tipo	Material	Imagen
Tubo	HDPE Pulgadas)	
Tubo	HDPE Pulgadas)	
Braquets	Acero Inoxidable	
Malla Lobera	Nylon	
Malla Pecera		
Malla para Cubierta	Nylon	
Sombra	Sintético	

Lampara	Electrónico	
Cabo	Nylon	
Muerto	Concreto	
Boya	Plástico	

Tabla 1.: Materiales de las Jaulas de Cultivo.

Fuente: Propia.

Nota: Las dimensiones de las tuberías son 8 y 4 pulgadas las cuales están normadas. (ISO 4427:2008 PE-80 y PE-100). Anexo 3.

Figura 2: Primera jaula marina instalada en la provincia de Ilo.

Fuente: Propia.

Proceso de manejo de las jaulas de cultivo

Esta actividad consiste en el cambio de redes lobera y pecera, limpieza de los tubos HDPE flotantes, cabos y cadenas de anclaje, debido a que se adhieren de material biológico (biofouling).

El biofouling es una gran variedad de organismos los cuales se adhieren a sustratos presentes en el medio acuático, los principales organismos que se pueden encontrar son algas, gusanos tubícolas, hidroides, mejillones, cirripidos y sifones de mar.

Figura 3: Redes pecera y lobera y tubo con bioincrustantes (biofouling).

Fuente: Propia.

Material	Función
Escobilla	Retirar actividad orgánica del biofouling.
Espátula de acero	Retirar organismos de alta adherencia(picacho)
Cuchillo	Cortar cabos que se encuentren tensados y dificulten el trabajo.
Aguja para driza	Para realizar el cocido de la malla nueva y antigua.
Driza	Cumple la función de unir la malla antigua y nueva.
Cabo	Para sujetar el tubo HDPE de fondeo.
Visores y snorkel	Para monitorear cualquier percance como una rotura de la malla.
Aletas	Mejorar la dinámica del personal que monitora la jaula.

Tabla 2.: Materiales para el mantenimiento de las jaulas.

Fuente: Propia.

Cambio de red lobera

Esta actividad se realiza con la finalidad de cambiar la red lobera por otra, para evitar la acumulación del biofouling, para lo cual se procede a levantar el tubo anti corriente (tubo HDPE) para poder desamarrar los cabos de la pecera y lobera, luego se procede a retirar la lobera usada y se cambia por uno nuevo, es proceso se repite de manera frecuente.

Cambio de red pecera

Esta proceso se realiza para evitar la acumulación del biofouling y permitir una renovación de agua constante en la jaula flotante, para lo cual se procede a coser la red pecera nueva con la red que está en uso hasta el 50% del borde; luego se retira gradualmente la red usada e ingresa la red nueva, y finalmente la red pecera nueva se asegura a la baranda, al tubo flotador interior y al tubo anti corriente que mantiene la forma cilíndrica a la red.

Figura 4: Cambio de red pecera.

Fuente: Propia.

Mantenimiento de tubos de flotación y anti corriente

Esta operación requiere espátulas, cuchillos y trozos de malla para poder retirar todos los organismos adheridos en los tubos y braquets.

Figura 5: Monitoreo a las jaulas.

Fuente: Propia.

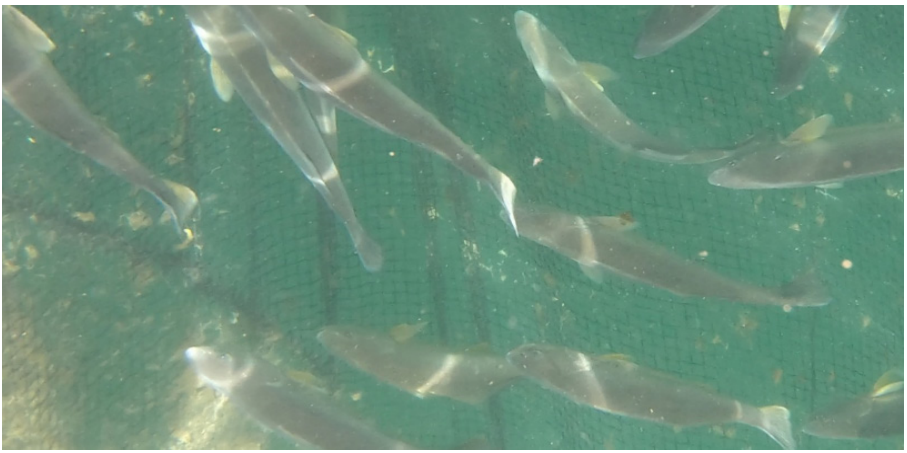


Figura 5: Corvinas en la jaula.

Fuente: Propia.

4 I CONCLUSIONES

El diseño y la construcción de la jaula marina para cultivo de peces, resultó apropiado debido a que los materiales utilizados están en el rango óptimo de calidad.

Se tiene peces en crecimiento preliminarmente en las jaulas marinas diseñadas y construidas para cultivo de peces.

El mantenimiento de las jaulas result**ó** manejable técnicamente, debido a que permite periódicamente su evaluación y mantenimiento.

REFERENCIAS

FAO (2008) “Acuicultura en jaulas”. Documento técnico de pesca N°498. Roma, Italia.http://www.fao.org/tempref/FI/DOCUMENT/aquaculture/aq2008_09/root/a1290s.pdf.

Ivars A. (2016) “Diseño de una jaula flotante para la cría de peces en la bahía de Cádiz”. Ingeniería Técnica Naval del Centros:E.U.I.T. NAVAL. file:///C:/Users/Usuario/Desktop/911351.pdf

JACUMAR (2007), Foro JACUMAR de jaulas de cultivo. E.T.S.I. Navales. España.www.es/es/pesca/pags/jacumar.

López J. (2014), “Construcción y funcionamiento de jaulas marinas en mar abierto: experiencia en Islas Canarias y tecnología para la diversificación de la acuicultura en el Ecuador. Instituto Nacional de Pesca, Letamendi 102 y La Ría, Guayaquil. Ecuador.

Marco, P.(2019), “Diseño de una granja marina autosostenible para aguas abiertas”. Tesis. Universidad Politécnica de Cartagena. España.

Mendoza D. et. al. (2016) “La acuicultura peruana – una mirada al 2025”. http://www.ipcinfo.org/fileadmin/user_upload/redocean/docs/Acuicultura%20Peruana%20-%20U.

SOBRE OS ORGANIZADORES

JOÃO DALLAMUTA - Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School. Mestre pela UEL. Doutorando em Gestão de Programas Espaciais pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Trabalha com os temas: Inteligência de Mercado, Engenharia Econômica, Gestão de Tecnologia, Planejamento Estratégico.

HENRIQUE AJUZ HOLZMANN - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa.

ÍNDICE REMISSIVO

A

AET 27, 28

Análise Fatorial 11, 84, 86, 88, 90, 91, 92, 100, 103

Análise SWOT 36, 41, 60, 64, 66

Aprendizagem 106, 122, 129, 135, 136, 145, 172

Assistência Social 11, 84, 85, 90, 92, 99, 100, 101, 102, 103

Aumento da lucratividade 183

Automação 3, 4, 6, 7, 8, 14, 23, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 185

B

Banco digital 60

BENCHMARKING 10, 47

C

Cadeia de Suprimentos 12, 20, 21, 24, 136, 139, 140, 142, 143, 144, 145, 146, 148, 150

Competências 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 19, 20, 24, 165, 167

Competitividade 9, 2, 3, 40, 41, 44, 49, 58, 122, 153, 159, 160, 161, 169, 170, 191

Configuração de Rede 139

Controle de nível 72, 73, 76, 77, 80, 81

Crise Hídrica 36, 39, 40, 44

Cultivo 12, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 199, 200, 203

D

Desempenho 8, 15, 16, 20, 41, 47, 48, 49, 50, 55, 56, 57, 58, 76, 115, 126, 127, 142, 143, 148, 149, 151, 157, 165, 180

E

Eficácia 9, 16, 28, 40, 50, 74, 143, 148, 169, 170, 171, 173, 176

Engenharia 2, 9, 10, 12, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 24, 45, 58, 82, 83, 103, 104, 111, 120, 122, 137, 139, 152, 153, 163, 166, 182, 183, 191, 204

Ergonomia 6, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34

Estatística Multivariada 84, 102

F

Ferramenta da qualidade 44, 183, 189, 190

Forças de Porter 60, 63, 67, 69

G

Gestão Colaborativa 139, 141, 148

I

Impactos 13, 14, 20, 21, 23, 24, 36, 50, 61, 84, 100, 139, 140, 141, 146, 148, 150

Indústria 4.0 10, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 69, 104, 145

Indústria Alimentícia 27, 184, 186, 187

Indústria Automotiva 12, 139, 140, 145, 149

Integração 8, 14, 17, 18, 19, 21, 74, 75, 76, 85, 96, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 148, 149, 150, 165

Internet das Coisas 10, 3, 8, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24

J

Jaula Flotante 193, 201, 203

L

Lucro 152, 153, 156, 158, 163, 165, 166, 186

M

MASP 12, 169, 170, 172, 181, 182

Matriz curricular 10, 1, 2, 3, 5, 8, 9, 11

Modelo de Negócio CANVAS 60, 69

P

Peces Marinos 192, 193, 194, 195, 196

Previsão de demanda 122, 123, 137, 164

Produção 2, 9, 10, 12, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 24, 28, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 42, 43, 44, 45, 51, 74, 75, 82, 83, 103, 105, 120, 122, 123, 137, 139, 140, 142, 143, 145, 147, 148, 149, 150, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 183, 184, 185, 186, 187, 191, 204

Q

Qualidade 9, 1, 6, 7, 16, 17, 27, 28, 29, 36, 40, 42, 43, 44, 47, 48, 49, 50, 52, 57, 58, 61, 62, 65, 66, 67, 72, 74, 75, 82, 85, 99, 153, 156, 157, 159, 160, 161, 164, 165, 166, 168, 169, 170, 171, 172, 174, 176, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 189, 190

Quarta Revolução Industrial 1, 2, 3, 8, 12, 13, 14, 145, 149

R

Rede Neural 11, 115, 122, 123, 127, 129, 134, 135, 136

Redução de custos 3, 72, 73, 75, 157, 160, 161, 162, 163, 183

Resultado 3, 19, 24, 33, 34, 49, 55, 69, 73, 78, 89, 93, 106, 111, 112, 115, 130, 131, 134, 160, 169, 172, 175, 181

Rula 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35

S

Saneamento Básico 10, 47, 50, 57, 74, 82

Sistema Convencional 72, 73, 80, 81

Sustentabilidade 72, 190

T

Toyotismo 152, 153, 154, 156, 157, 159, 160, 166

V

Vitivinícola 36, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 46

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2021

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2021